

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 23.09.2022 14:25:23  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет»

Утверждаю:  
Руководитель ООП:  
Б.Б.Педько  
«23 августа» 2017 г.



Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Микромагнетизм**

Направление подготовки  
**03.03.03 Радиофизика**

Программа подготовки  
«Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств»

Для студентов 4 курса очной формы обучения

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

Тверь 2017

## **I. Аннотация**

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

Микромагнетизм

### **2. Цель и задачи дисциплины**

*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. Данная дисциплина обеспечивает подготовку для успешного прохождения учебной и производственной практик, готовит необходимую основу для выполнения курсовых и квалификационных работ. Курс «Микромагнетизм» является одним из завершающих курсов профиля подготовки «Физика магнитных явлений».

*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 ООП**

Дисциплина «Микромагнетизм» относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана. Содержательно она развивает положения курсов по выбору «Современные проблемы ФМЯ», «Физика магнитных явлений Ч.1», «Магнетизм в конденсированных средах» и используется для формирования общепрофессиональной компетенции ОПК-2 «Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии».

Уровень начальной подготовки обучающегося для успешного освоения дисциплины «Микромагнетизм»: знать основные положения курсов «Электричество и магнетизм», «Магнетизм в конденсированных средах», «Процессы перемагничивания магнетиков», «Физика магнитных явлений Ч.1».

Освоение данной дисциплины необходимо для успешного прохождения практик и выполнения курсовой и выпускной работ.

**4. Объем дисциплины:** 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 32 часа, практические занятия 32 часа; **самостоятельная работа:** 44 часа.

**5. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2)	<p><b>Уметь:</b> использовать базовые знания курса общей физики для постановки актуальных задач микромагнетизма.</p> <p><b>Знать:</b> основные понятия и законы физики электрических и магнитных явлений.</p>
Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1)	<p><b>Уметь:</b> определять основные характеристики магнитных материалов, применяемых в радиоэлектронике.</p> <p><b>Знать:</b> основные характеристики магнитных материалов, применяемых в радиоэлектронике.</p>

**6. Форма промежуточной аттестации**

Экзамен в 7 семестре

**7. Язык преподавания**

Русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

Учебная программа – наименование тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятель ная работа
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	
1.История возникновения микромагнитного подхода в теории магнетизма. Терминология, предмет исследования, основные направления, микромагнитные задачи.	9	4	4	1
2.Постановка задачи микромагнетизма. Уравнения Брауна.	9	4	4	1
3.Линеаризованные уравнения Брауна. Применение линеаризованных уравнений. Анализ процесса перемагничивания цилиндрических ферромагнитных частиц.	9	4	4	1
4.Магнитная доменная структура. Задача о доменной границе. Типы доменных границ. Основные микромагнитные параметры магнетиков.	9	4	4	1
5.Магнитная структура мелких ферромагнитных частиц. Однодоменное состояние. Понятие абсолютной однодоменности.	9	4	4	1
6.Микромагнитное описание петель гистерезиса. Петли гистерезиса материалов с задержкой образования и роста доменов обратного знака и с задержкой смещения доменных	13	6	6	1

границ, сравнение результатов расчетов с экспериментом.				
7.Микромагнитное описание гистерезисных свойств новых функциональных материалов, в том числе наноструктурных и композиционных.	14	6	6	2
8.Экзамен	36			36
ИТОГО	108	32	32	44

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

1. Вопросы для самоподготовки.
2. Требования к рейтинг-контролю.
3. Вопросы и задания к рейтинг-контролю.

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

**Форма проведения промежуточного контроля:** студенты, освоившие программу курса «Микромагнетизм» могут сдать экзамен по итогам рейтинговой аттестации согласно «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ» (протокол №4 от 25 октября 2017 г.).

**1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-2 «Способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии».**

<b>Этап формирования компетенции, в котором участвует</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений,</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала</b>
---	---	--

<b>дисциплина</b>	<b>навыков (2-3 примера)</b>	<b>оценивания</b>
<b>Уметь начальный</b>	1. Оценить энергию обменного взаимодействия в железе, кобальте и никел. 2. Рассчитать в магнетонах Бора магнитный момент, приходящийся на один атом в Fe.	Умение делать простейшие количественные оценки.
<b>промежуточный</b>	1. Перечислить возможные моды перемагничивания цилиндрических однодоменных частиц. 2. Рассчитать основные критические размеры, определяющие характер процессов перемагничивания в цилиндрических однодоменных частицах.	Знание закономерностей перемагничивания однодоменных частиц.
<b>Знать Начальный</b>	1. Записать формулу для магнитного момента кругового тока. 2. Записать формулу для намагниченности вещества.	Знание основ электромагнетизма.
<b>Промежуточный</b>	1. Записать формулу для оценки энергии электростатического взаимодействия точечных зарядов. 2. Записать формулу для энергии взаимодействия магнитных моментов.	Знание основ электромагнетизма.

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-1 «Способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1)».**

<b>Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина</b>	<b>Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков (2-3 примера)</b>	<b>Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания</b>
<b>Уметь начальный</b>	1. Назвать основные фундаментальные характеристики магнитных материалов. 2. Назвать основные структурно чувствительные характеристики магнитных материалов.	Уметь ориентироваться в параметрах магнитных материалов
<b>промежуточный</b>	1. Назвать основные фундаментальные характеристики магнитных материалов. 2. Определять основные структурно чувствительные характеристики магнитных материалов.	Знание основных фунда-ментальных констант магнетиков
<b>Знать Начальный</b>	1. Привести примеры источников магнитных полей.  2. Назвать величину предельного магнитного поля, которое можно получить в лабораторных условиях.	Знание магнитных свойств структурных элементов приборов и устройств.  Знание методов создания магнитных полей.

<b>Промежуточный</b>	<p>1. Назвать предельное значение энергетического произведения безредкоземельных постоянных магнитов на основе переходных 3d-элементов.</p> <p>2.. Назвать предельное значение энергетического произведения безредкоземельных постоянных магнитов на основе переходных 3d-элементов.</p>	<p>Знание потенциальных возможностей современных магнитов.</p> <p>Знание потенциальных возможностей современных магнитов.</p>

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

### **а) Основная литература:**

1. Зисман Г. А. Курс общей физики. В 3-х тт. Т.2. Электричество и магнетизм [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.А. Зисман, О.М. Годес. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2007. — 352 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/151>.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. В 3 т. Том 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: Учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2017. — 500 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98246>.

### **б) Дополнительная литература:**

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



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

Программное обеспечение, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы физико-технического факультета:

1. Научная библиотека ТвГУ: <http://library.tversu.ru/>
2. Электронная библиотека издательства Лань: <http://e.lanbook.com/>
3. Университетская библиотека ONLINE: <http://www.biblioclub.ru/>
4. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: <http://www.biblio-online.ru/>

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

1) Вопросы для самоподготовки.

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.
4. Анализ процесса перемагничивания цилиндрических ферромагнитных частиц.
5. Магнитная доменная структура. Задача о доменной границе. Типы доменных границ. Основные микромагнитные параметры магнетиков.
6. Магнитная структура мелких ферромагнитных частиц. Однодоменное состояние. Понятие абсолютной однодоменности.
7. 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.
8. Микромагнитное описание гистерезисных свойств новых функциональных материалов, в том числе наноструктурных и композиционных.

2) Требования к рейтинг-контролю.

За первый модуль предусмотрено 30 баллов.

За второй модуль также предусмотрено 30 баллов.

**Вопросы и задания для подготовки к рейтинг-контролю.**

1. Покажите, что единицей измерения величины, определяемой выражением  $\frac{2K_1}{\mu_0 I_s}$ , в системе СИ является Тесла. Как называется эта величина?
2. Покажите, что единицей измерения величины, определяемой выражением  $\frac{2K_1}{I_s}$ , в системе СГС является Эрстед. Как называется эта величина?
3. Покажите, что единицей измерения величины, определяемой выражением  $\mu_0 I_s$ , в системе СИ является Тесла.
4. Покажите, что фактор качества  $q = \frac{K}{2\pi I_s^2}$  (СГС) является безразмерной величиной.
5. Покажите, что фактор качества  $q = \frac{K}{2\pi\mu_0 I_s^2}$  (СИ) является безразмерной величиной.
6. Покажите, что энергетическое произведение  $(ВН)_{\max}$  измеряется в Дж/м<sup>3</sup>.
7. Найдите коэффициент перехода от системы СИ к системе СГС для энергетического произведения постоянного магнита  $(ВН)_{\max}$
8. Рассчитайте фактор качества для кобальта.
9. Запишите значения намагниченности железа, кобальта и никеля.
10. Запишите значения температур Кюри железа, кобальта и никеля.
11. Запишите значения первой константы анизотропии железа, кобальта и никеля.
12. Запишите выражение для поверхностной плотности энергии 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в железе.
13. Запишите выражение для поверхностной плотности энергии 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в кобальте.
14. Запишите выражение для поверхностной плотности энергии 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в никеле.
15. Запишите выражение для толщины 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в железе.
16. Запишите выражение для толщины 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в кобальте.
17. Запишите выражение для толщины 180-градусной доменной границы Блоха и рассчитайте ее энергию в никеле.
18. Запишите выражение для определения критического радиуса однодоменного состояния ферромагнитной частицы и рассчитайте его для железа.
19. Запишите выражение для определения критического радиуса однодоменного состояния ферромагнитной частицы и рассчитайте его для кобальта.

20. Запишите выражение для определения критического радиуса однодоменного состояния ферромагнитной частицы и рассчитайте его для никеля.

21. Запишите формулу Брауна для поля зародышеобразования в эллипсоидальной ферромагнитной частице.

22. Запишите выражение, определяющее теоретический предел энергетического произведения постоянного магнита и определите его для случая магнитов типа Nd-Fe-B. Индукция насыщения магнитов этого типа равна 1,3 Тл.

23. Запишите выражение, определяющее теоретический предел энергетического произведения постоянного магнита и определите его для случая магнитов типа Nd-Fe-B. Индукция насыщения магнитов этого типа равна 1,0 Тл.

24. Как связаны между собой значение энергетического произведения постоянного магнита и объемная плотность энергии создаваемого им магнитного поля?

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

Программное обеспечение, информационные справочные системы и Интернет-ресурсы физико-технического факультета (см. раздел VI).

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

<b>Наименование специальных* помещений</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений №40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Вольтметр В7-78/1 2. Экран настенный ScreenMedia 153*203 3. Контроллер GPIB-USB-HS 778927-01 4. Сканер для вольтметра В7-78/1 5. Сканер для вольтметра В7-78/1 6. Двухфазный Lock-in усилитель	Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus -

	SR 830 7. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 8. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5" 9. Установка "Мишень" 10. Системный блок P4 1.6 512/ASUS P4B266/DDR2*512/80Gb ST380021A(2ШТ)+клавиатура+мышь 11. Переносной комплект мультимедийной техники	Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
--	---	--

### Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт          2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь          3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-portr DGS-1016D          4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО          5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО          6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3»          7. Комплект учебной мебели</p>	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно          Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009          Google Chrome - бесплатно          Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно          Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.          Lazarus 1.4.0 - бесплатно          Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно          Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав IC00000027 от 16.09.2011          MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012          Microsoft Express Studio 4 - бесплатно          MiKTeX 2.9 - бесплатно          MPICH 64-bit – бесплатно          MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно          Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

		MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017
--	--	--

### **Х. 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.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Изменена форма представления данных о материально-технической базе.	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г