

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 23.09.2022 12:10:57
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

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

Утверждаю:

Руководитель ООП



Б.Б.Педько

«28» июня 2022 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Доменная структура магнетиков

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Ляхова М.Б.

Тверь, 2022

I. Аннотация

1. Наименование дисциплины в соответствии с учебным планом

Доменная структура магнетиков

2. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является изучение основных вопросов теории и практики доменной структуры магнетиков. Рассматриваются вопросы теоретического и экспериментального обоснования существования магнитных доменов. Изучается доменная структура различного типа и ее связь с кристаллической структурой магнетиков, доменные границы в массивных образцах и тонких магнитных пленках. Студентами практически осваиваются различные методики расчета параметров доменной структуры магнетиков.

Задачами освоения дисциплины являются формирование и развитие у обучающихся компетенций: способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1); способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2); готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3).

3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Доменная структура магнетиков» относится к вариативной части учебного плана образовательной программы. Изучается на четвертом курсе в 8 семестре. Содержательно дисциплина связана с дисциплинами «Физика конденсированного состояния вещества», «Магнетизм в природе и технике», «Магнетизм в конденсированных средах», «Процессы перемагничивания магнетиков», «Микромагнетизм». Для успешного освоения дисциплины необходимы знания дисциплин общей и теоретической физики. Дисциплина является основой общего физического практикума, производственной и преддипломной практик.

4. Объем дисциплины: 3 зачетных единицы, 108 академических часов, в том числе **контактная работа:** лекции 22 часа, лабораторные занятия 22 часа; **самостоятельная работа:** 64 часа.

В учебном плане 2014 г.н. **объем дисциплины:** 3 зачетных единицы, 108 академических часов, **в том числе контактная работа:** лекции 22 часа, практические занятия 22 часа; **самостоятельная работа:** 64 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
<p>ПК-1 способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин.</p>	<p>Владеть: основами методов исследования доменной структуры магнетиков. Уметь: применять выводы теории магнитных доменов на практике. Знать: основные положения и выводы теории магнитных доменов.</p>
<p>ПК-2 способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.</p>	<p>Владеть: основами современных экспериментальных методов исследования доменной структуры магнетиков. Уметь: применять на практике методики исследования доменной структуры магнитных материалов. Знать: теоретические основы экспериментальных методов исследования доменной структуры магнетиков.</p>
<p>ПК-3 готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований.</p>	<p>Владеть: экспериментальными методами исследования доменной структуры магнитных материалов. Уметь: применять теорию доменной структуры магнетиков в физических экспериментах. Знать: теорию доменной структуры магнетиков.</p>

6. Форма промежуточной аттестации – экзамен (8 семестр).

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 разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	
Лекции				
Введение. Домены в магнитоупорядоченных кристаллах. Особенности процессов намагничивания ферромагнетиков. Гипотеза Вейсса о существовании ферромагнитных доменов. Экспериментальные доказательства существования доменов в ферромагнетиках.	8	2		6
Экспериментальные методы исследования доменной структуры. Оптические методы. Метод эффекта Керра. Виды эффектов Керра: полярный, меридиональный и экваториальный. Схема образования керровского контраста. Преимущества и недостатки метода. Метод эффекта Фарадея и границы его применимости. Метод магнитных порошковых осадков Акулова–Битера. Преимущества и недостатки метода. Метод царапин. Экспериментальные методики реализации метода порошковых осадков. Метод нейтронографии и применение его для исследования магнитных структур и доменной структуры магнитоупорядоченных кристаллов. Метод лоренцевской электронной микроскопии. Метод магнитно-силовой микроскопии.	7	2		5
Основные типы взаимодействий в магнитоупорядоченных кристаллах. Обменное взаимодействие, его природа и энергия. Взаимодействие ферромагнетика с внешним магнитным полем, его природа и энергия. Собственное размагничивающее поле ферромагнетика. Магнитостатическая энергия. Размагничивающий фактор. Явление магнитной кристаллографической анизотропии (МКА). Оси легкого и трудного намагничивания. Поле анизотропии. Формы записи объемной плотности энергии МКА для кристаллов различных сингоний. Положения преимущественных направлений намагничивания. Диаграммы МКА для кубических, одноосных и	8	4		4

<p>тетрагональных кристаллов. Различные типы МКА в одноосных магнетиках. Понятие о спин-переориентационных переходах. Экспериментальные данные о величине констант и типе МКА основных ферромагнитных материалов. Другие виды магнитной анизотропии. Анизотропия формы. Наведенная ориентационная анизотропия. Обменная однонаправленная анизотропия. Поверхностная анизотропия. Упругие и магнитоупругие взаимодействия в ферромагнетиках. Явление магнитоупругости, его проявления и физическая природа. Магнитоупругая деформация. Магнитоупругая и упругая энергии.</p>				
<p>Экспериментальные данные о доменных структурах в ферромагнетиках. Доменные структуры кристаллов с одноосной симметрией и МКА типа «легкая ось». Структура «звездочек» и «полос» в массивном кристалле. Изменение конфигурации доменов в зависимости от ориентации поверхности наблюдения относительно кристаллографической оси <i>c</i>. «Лабиринтная», «сотовая» и «спиральная» структура тонких пленок. Конфигурации доменных структур в реальных кристаллах. Особенности и многообразие доменных структур в одноосных кристаллах с МКА типа «легкая ось» и «легкая плоскость». Характерные конфигурации основной и поверхностной доменных структур в кубических магнетиках. Зависимость вида доменной структуры от кристаллографической ориентации поверхности наблюдения. Структуры «полос», «елочек», «клиньев», «мозаики», «кружева» и другие.</p>	6	2		4
<p>Основные понятия теории доменной структуры. Магнитные домены. Доменные границы и их типы. Доменная структура магнетика и ее параметры. Классификация моделей доменных структур. Влияние доменной структуры на физические свойства ферромагнетиков. Равновесное состояние массивных магнитоупорядоченных кристаллов. Общая постановка задачи о доменной структуре. Модельный и микромагнитный подход.</p>	11	2		9
<p>Доменные границы в массивных кристаллах. Модель плоских доменных границ в массивных ферромагнетиках. Две модели разворота вектора намагниченности внутри доменной границы. Приближенная оценка энергии и ширины доменных границ. Влияние обменного взаимодействия и МКА на ширину доменных границ. Строгое рассмотрение задачи о доменных границах в массивных кристаллах в модели</p>	13	4		9

<p>Ландау–Лифшица. Ограничения модели. Типы доменных границ в одноосных и кубических кристаллах. Влияние ориентации плоскости границы на ее энергию. Условие отсутствия магнитных полюсов на доменной границе. Выбор системы координат, связанной нормалью к плоскости границы. Схема разворота вектора намагниченности внутри границы. Решение задачи о доменной границе с учетом двух энергий: обменной и МКА. Выражения для расчета поверхностной плотности энергии и ширины доменных границ любого типа. Общая методика расчета поверхностной плотности энергии границ различных типов. Энергия 180°-ной границы в одноосном кристалле. Запись выражения для энергии МКА кубического кристалла в системе координат, связанной с нормалью к плоскости границы. Энергия 90°-ных границ типа (100); (110) и (111) в кубических кристаллах. Энергия 180°-ных границ в кубических кристаллах. Преимущественная ориентация границ. Расчет ширины 180°-ной границы в одноосном кристалле. Эффективная ширина и методы ее определения. Доменные границы бесконечной ширины в кубическом кристалле. Влияние магнитострикции на ширину и энергию доменных границ.</p>				
<p>Доменные границы в тонких магнитных пленках. Тонкие магнитные пленки (ТМП). Магнитостатическая энергия доменной границы в ТМП. Доменные границы с различным типом разворота вектора намагниченности внутри границы: границы Блоха и Нееля. Решение задачи о границах Блоха и Нееля в модели Нееля. Оценка критической толщины ТМП пермаллоя. Доменные границы с поперечными связями в ТМП. Структура границ с поперечными связями.</p>	11	2		9
<p>Модели основной доменной структуры в массивных кристаллах. Принципы построения моделей доменной структуры. Классификация моделей. Магнитные фазы. Модель Киттеля – модель полосовой доменной структуры одноосных магнетиков. Ограничения модели. Магнитостатическая энергия структуры. Зависимость ширины 180°-ных доменов размагниченного кристалла от его толщины. Энергетическая выгодность образования доменной структуры в массивных кристаллах. Однодоменное состояние магнетика. Экспериментальные подтверждения модели. Модель сотовой доменной структуры. Параметры и энергия структуры. Понятие о μ^*-поправке. Учет объемных магнитных зарядов внутри низкоанизотропных магнетиков. Вывод формулы для оценки μ^*-поправки.</p>	11	2		9

Замкнутые доменные структуры в кубических кристаллах. Модель Ландау–Лифшица. Учет магнитоупругого вклада в общую энергию структуры. Ограничения модели. Зависимость ширины доменов от толщины кристалла.				
Поверхностные доменные структуры. Модель поверхностной доменной структуры одноосных кристаллов. Изменения основной полосовой структуры при приближении к поверхности массивного кристалла. Критические толщины кристалла. Доменная структура с волнистыми границами. Параметры волнистости структуры. Волнистая доменная структура с дополнительными доменами. Зависимости ширины доменов от толщины кристалла и их экспериментальные подтверждения. Поверхностные доменные структуры в кубических кристаллах. Причины возникновения. Основные модели структур. Плоская модель разветвленной доменной структуры и ее параметры. Зависимости ширины доменов от толщины кристаллов. Структура «елочек» и ее модификации. Изменение конфигурации «елочек» в зависимости от кристаллографической ориентации плоскости наблюдения.	11	2		9
Лабораторные работы				
Работа №1. Освоение методики приготовления металлографических шлифов для исследования доменной структуры.	2		2	
Работа №2. Изучение приемов оптической микроскопии в исследованиях доменной структуры.	4		4	
Работа №3. Изучение доменной структуры магнетиков методом порошковых осадков.	4		4	
Работа №4. Изучение доменной структуры магнетиков магнитооптическим методом полярного эффекта Керра.	4		4	
Работа №5. Изучение доменной структуры магнетиков методом эффекта Фарадея.	4		4	
Работа №6. Изучение доменной структуры магнетиков методом магнитно-силовой микроскопии.	4		4	
ИТОГО	108	22	22	64

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

Вопросы для подготовки к письменным опросам рейтингового контроля.

Вопросы для подготовки к экзамену.

Требования к рейтинг-контролю.

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

Форма проведения промежуточного контроля: студенты, освоившие программу курса «Доменная структура магнетиков» 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.). Максимальная сумма баллов, которые можно получить за семестр 100.

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 ПК-1 – способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Дайте полное определение следующим понятиям: 1. ферромагнитный домен; 2. доменная граница; 3. доменная структура.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Напишите выражение для энергии магнитокристаллической анизотропии для магнетиков следующих типов: 1. кубических; 2. тетрагональных; 3. гексагональных.	Полный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	Сколько осей легкого намагничивания имеют магнетики следующих типов: 1. одноосные с $K_1 > 0$; 2. кубические с $K_1 > 0$; 3. кубические с $K_1 < 0$?	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный владеть	Перечислите возможные типы доменных границ магнетиков следующих типов: 1. одноосных с $K_1 > 0$;	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

	2. кубических с $K_1 > 0$; 3. кубических с $K_1 < 0$.	
Промежуточный уметь	Чему равна поверхностная плотность энергии доменных границ следующих типов: 1. 180° -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$; 2. 90° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$); 3. 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$)?	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный знать	Чему равна эффективная ширина доменных границ следующих типов: 1. 180° -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$; 2. 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$); 3. 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 < 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 111 \rangle$)?	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-2 – способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Перечислите методы приготовления шлифов для исследования доменной структуры магнетиков	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Перечислите методы выявления доменной структуры: – одноосных магнетиков, – кубических магнетиков.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	Назовите достоинства и недостатки методов выявления доменной структуры магнетиков: – Акулова-Биттера,	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

	– полярного эффекта Керра.	
Промежуточный владеть	Опишите границы применимости экспериментальных методов: – порошковых осадков, – полярного эффекта Керра.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный уметь	По микрофотографиям определите методы выявления доменной структуры – порошковых осадков, – полярного эффекта Керра.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный знать	Опишите методы исследования доменной структуры: – одноосных магнетиков, – кубических магнетиков.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

3. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ПК-3 – готовность применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Перечислите основные типы доменных границ и укажите в каких магнетиках они реализуются: – в одноосных магнетиках, – в кубических магнетиках.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный уметь	Назовите основные теоретические модели основной доменной структуры: – в одноосных магнетиках, – в кубических магнетиках.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Начальный знать	Назовите причины появления замыкающих доменов – в одноосных магнетиках, – в кубических магнетиках.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный владеть	Опишите структуру доменных границ следующих типов и укажите в каких магнетиках они реализуются: – ДГ Блоха; – ДГ Нееля; – ДГ с поперечными связями.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

<p>Промежуточный уметь</p>	<p>Кратко опишите теоретические следующие модели доменной структуры.</p> <ul style="list-style-type: none"> – модель Киттеля; – модель сотовой ДС; – модель Ландау-Лифшица. 	<p>Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл</p>
<p>Промежуточный знать</p>	<p>Перечислите конфигурации доменных структур, которые экспериментально наблюдаются в магнетиках следующих типов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – в массивных одноосных магнетиках; – в тонких пленках одноосных магнетиков; – в кубических магнетиках. 	<p>Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл</p>

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

а) Основная литература:

1. Матухин В. Л. Физика твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2010. — 224 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/262>.

б) Дополнительная литература:

1. Ивлиев А. Д. Физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2009. — 672 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/163>.
2. Белов, К.П. Эффекты парапроцесса в ферромагнетиках и антиферромагнетиках [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 78 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48210> .
3. Боровик, Е.С. Лекции по магнетизму [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 512 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2118> .

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

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вопросы для подготовки к письменным опросам рейтингового контроля:

1. Дайте полное определение следующим понятиям:
 - ферромагнитный домен;
 - доменная граница;
 - доменная структура.
2. Напишите выражение для энергии магнитокристаллической анизотропии для магнетиков следующих типов:
 - кубических;
 - тетрагональных;
 - гексагональных.
3. Сколько осей легкого намагничивания имеют магнетики следующих типов:
 - одноосные с $K_1 > 0$;
 - кубические с $K_1 > 0$;
 - кубические с $K_1 < 0$?
4. Перечислите возможные типы доменных границ магнетиков следующих типов:
 - одноосных с $K_1 > 0$;
 - кубических с $K_1 > 0$;
 - кубических с $K_1 < 0$.
5. Чему равна поверхностная плотность энергии доменных границ следующих типов:
 - 180° -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$;
 - 90° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$);
 - 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$)?
6. Чему равна эффективная ширина доменных границ следующих типов:
 - 180° -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$;
 - 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$);
 - 180° -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 < 0$ ($\mathbf{n} \parallel \langle 111 \rangle$)?

7. Кратко опишите структуру доменных границ следующих типов и укажите в каких магнетиках они реализуются:
 - ДГ Блоха;
 - ДГ Нееля;
 - ДГ с поперечными связями.
8. Кратко опишите теоретические следующие модели доменной структуры.
 - модель Киттеля;
 - модель сотовой ДС;
 - модель Ландау-Лифшица.
9. Какова зависимость ширины доменов (l) от толщины кристалла (D) для доменных структур следующих типов:
 - основной ДС Киттеля;
 - основной ДС Ландау-Лифшица;
 - поверхностной ДС одноосных кристаллов?
10. Перечислите конфигурации доменных структур, которые экспериментально наблюдаются в магнетиках следующих типов:
 - в массивных одноосных магнетиках;
 - в тонких пленках одноосных магнетиков;
 - в кубических магнетиках.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Свойства ферромагнетиков и гипотеза Вейсса.
2. Экспериментальные методы исследования доменной структуры.
3. Экспериментальные данные о доменной структуре ферромагнетиков.
4. Основные понятия теории доменной структуры. Домены, доменные границы, доменная структура.
5. Два подхода к решению задачи о доменной структуре.
6. Приближенная оценка энергии и ширины доменных границ в массивных кристаллах.
7. Типы доменных границ в одноосных и кубических кристаллах.

8. Общее решение задачи о доменных границах в массивных кристаллах.
9. Энергия 180° -ных доменных границ в одноосном кристалле.
10. Энергия 90° -ных доменных границ в кубическом кристалле.
11. Энергия 180° -ных доменных границ в кубическом кристалле.
12. Ширина доменных границ в массивных кристаллах.
13. Влияние магнитострикции на ширину и энергию доменных границ в кубических кристаллах.
14. Доменные границы в тонких магнитных пленках. Границы Блоха и Нееля.
15. Границы смешанного типа в тонких магнитных пленках.
16. Основная доменная структура одноосных кристаллов. Модель Киттеля.
17. Понятие о μ^* -поправке.
18. Основная доменная структура кубических кристаллов. Модель Ландау-Лифшица.
19. Поверхностная доменная структура одноосных кристаллов.
20. Поверхностная доменная структура кубических кристаллов.

Требования к рейтинг-контролю

В семестре проводится два контрольных модуля.

I модуль – **20** баллов

Письменный опрос по теории (10 вопросов) – **20** баллов
по 2 балла – за правильный ответ на каждый вопрос
по 1 баллу – за неполный ответ

II модуль – **40** баллов

Посещение лекций и практических занятий – **20** баллов
по 0,5 баллов за занятие

Письменный опрос по теории (10 вопросов) – **20** баллов
по 2 балла – за правильный ответ на каждый вопрос
по 1 баллу – за неполный ответ

Экзамен – **40** баллов

Работа на практических занятиях – **10** баллов

по 5 баллов – за правильное решение задачи у доски

по 2 балла – за работу с места

Письменный опрос по основным формулам (10 вопросов) – **10** баллов

по 1 баллу – за правильный ответ на каждый вопрос

Устный опрос по экзаменационному билету (2 вопроса) – **20** баллов

по 10 баллов – за правильный и подробный ответ на каждый вопрос

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

Преподавание учебной дисциплины «Доменная структура магнетиков» строится на сочетании лекций, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов.

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

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Кафедра общей физики. Лаборатория методики преподавания физики. Кабинет качества преподавания физики. №219 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1 Внешний жесткий диск Transcend 1 Gb 2 Компьютер Kraftway Credo KC36Vista Business/E7400/2*10024Mb DDR800/T160G/DVDRW/500W/CARE3/Монитор 20'' LG W2043S-PFpf 3 Камера Web Logitech – 3 шт. 4 Коммутатор Linksys SD2008T-EU CISCO SB 8-портовый – 3 шт. 5 Сумка Continent 6 Принтер лазерный HP LJ 1100 C4224A 7 МФУ XEROX PH 3100 8 Сканер UMAX Astra 3450 600*1200dpi, 42bit встроенный слайд-проектор 9 Ноутбук Dell Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 10 Принтер лазерный CANON LBP-2900 A4.600*600 11 Ксерокс 1215 12 Мультимедийный проектор BenQ MP 624 13 АРМС для исследования и демонстрации опытов по дифракции с ПЭВМ (монитор Samsung TFT 22) 14 Интерактивная доска Smart Board 660 15 Компьютер iRU Corp 510 – 6 шт. 16 Стеллаж – 10 шт. 17 Комплект компьютерных датчиков 18 Универсальный измерительный прибор ADM2 19 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 1 20 Демонстрационный набор по электричеству и магнетизму. Часть 2 21 Демонстрационный набор по оптике 22 Демонстрационный набор по механике 23 Доска для проведения демонстрационных работ – 2 шт. 24 Интерактивный комплект Oculus Development Kit 2 25 Источник питания постоянного тока и напряжения большой мощности 26 Комплект Monster Kit v 1.0 27 ИБП</p>	<p>Google Chrome – бесплатно Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г. MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017 Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

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-port 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 MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания кафедры, утвердившего изменения
1.	Раздел IV	Реквизиты «Положения о рейтинговой системе обучения и оценки качества учебной работы студентов ТвГУ» и «Положения о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
2.	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г