

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 23.09.2022 14:25:00  
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

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология радиоэлектронных приборов и устройств

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 самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии (ОПК-2); способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1).

### **3. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части учебного плана. Изучается на четвертом курсе в 8 семестре. Содержательно дисциплина связана с дисциплинами «Физика магнитных явлений», «Магнетизм в конденсированных средах», «Процессы перемагничивания магнетиков», «Микромагнетизм». Для успешного освоения дисциплины необходимы знания основных законов 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, практические занятия 22 часа; **самостоятельная работа:** 64 часа.

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

<b>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине</b>
ОПК-2 – способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	<b>Владеть:</b> теоретическими основами методов исследования доменной структуры магнетиков. <b>Уметь:</b> применять выводы теории магнитных доменов на практике. <b>Знать:</b> основные положения и выводы теории магнитных доменов.
ПК-1 – способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования	<b>Владеть:</b> основами современных методов исследования доменной структуры магнетиков. <b>Уметь:</b> применять на практике экспериментальные методики исследования доменной структуры магнитных материалов. <b>Знать:</b> теоретические основы экспериментальных методов исследования доменной структуры магнетиков.

**6. Форма промежуточной аттестации** – экзамен в 8 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.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практич. занятия	
<b>Лекции</b>				
<b>Введение.</b> Домены в магнитоупорядоченных кристаллах. Особенности процессов намагничивания ферромагнетиков. Гипотеза Вейсса о существовании ферромагнитных доменов. Экспериментальные доказательства существования доменов в ферромагнетиках.	4	2		2
<b>Экспериментальные методы исследования доменной структуры.</b> 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 лоренцовой электронной микроскопии. Метод магнитно-силовой микроскопии.	8	2		6
<b>Основные типы взаимодействий в магнитоупорядоченных кристаллах.</b> 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 тетрагональных кристаллов. Различные типы МКА в одноосных магнетиках. Понятие	14	4		10

<p>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 магнитоstriction, его проявления и физическая природа. Магнитоstrictionная деформация. Магнитоупругая и упругая энергии.</p>				
<p><b>Экспериментальные данные о доменных структурах в ферромагнетиках.</b> 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>	12	2		10
<p><b>Основные понятия теории доменной структуры.</b> 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>	10	2		8
<p><b>Доменные границы в массивных кристаллах.</b> 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 Ландау–Лифшица. Ограничения модели. Типы доменных границ в</p>	12	4		8

<p>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 <math>180^\circ</math>-ной границы в одноосном кристалле. Запись выражения для энергии МКА кубического кристалла в системе координат, связанной с нормалью к плоскости границы. Энергия <math>90^\circ</math>-ных границ типа (100); (110) и (111) в кубических кристаллах. Энергия <math>180^\circ</math>-ных границ в кубических кристаллах. Преимущественная ориентация границ. Расчет ширины <math>180^\circ</math>-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><b>Доменные границы в тонких магнитных пленках.</b> 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>	10	2		8
<p><b>Модели основной доменной структуры в массивных кристаллах.</b> Принципы построения моделей доменной структуры. Классификация моделей. Магнитные фазы. Модель Киттеля – модель полосовой доменной структуры одноосных магнетиков. Ограничения модели. Магнитостатическая энергия структуры. Зависимость ширины <math>180^\circ</math>-ных доменов размагниченого 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 <math>\mu^*</math>-поправке. Учет объемных магнитных зарядов внутри низкоанизотропных магнетиков. Вывод формулы для</p>	8	2		6

оценки $\mu^*$ -поправки. Замкнутые доменные структуры в кубических кристаллах. Модель Ландау–Лифшица. Учет магнитоупругого вклада в общую энергию структуры. Ограничения модели. Зависимость ширины доменов от толщины кристалла.				
<b>Поверхностные доменные структуры.</b> 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.	8	2		6
<b>Лабораторные работы</b>				
<b>Работа №1.</b> Освоение методики приготовления металлографических шлифов для исследования доменной структуры.	2		2	
<b>Работа №2.</b> Изучение приемов оптической микроскопии в исследованиях доменной структуры.	4		4	
<b>Работа №3.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом порошковых осадков.	4		4	
<b>Работа №4.</b> Изучение доменной структуры магнетиков магнитооптическим методом полярного эффекта Керра.	4		4	
<b>Работа №5.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом эффекта Фарадея.	4		4	
<b>Работа №6.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом магнитно-силовой микроскопии.	4		4	
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>64</b>

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

- методические рекомендации по выполнению лабораторных работ;
- вопросы и задания для подготовки к модулям рейтингового контроля.

#### **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.).

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



	3. кубические с $K_1 < 0$ ?	
Промежуточный владеть	Перечислите возможные типы доменных границ магнетиков следующих типов: 1. одноосных с $K_1 > 0$ ; 2. кубических с $K_1 > 0$ ; 3. кубических с $K_1 < 0$ .	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
Промежуточный уметь	Чему равна поверхностная плотность энергии доменных границ следующих типов: 1. $180^\circ$ -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$ ; 2. $90^\circ$ -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ( $\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$ ); 3. $180^\circ$ -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. $180^\circ$ -ных ДГ в одноосных кристаллах с $K_1 > 0$ ; 2. $180^\circ$ -ных ДГ в кубических кристаллах с $K_1 > 0$ ( $\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$ ); 3. $180^\circ$ -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-1 – способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования**

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,	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл

	– кубических магнетиков.	балл
Начальный знать	Назовите достоинства и недостатки методов выявления доменной структуры магнетиков: – Акулова-Биттера, – полярного эффекта Керра.	Правильный ответ – 2 балла Неполный ответ – 1 балл
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

## **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>.

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

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znanium.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:

- $180^\circ$ -ных ДГ в одноосных кристаллах с  $K_1 > 0$ ;
  - $90^\circ$ -ных ДГ в кубических кристаллах с  $K_1 > 0$  ( $\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$ );
  - $180^\circ$ -ных ДГ в кубических кристаллах с  $K_1 > 0$  ( $\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$ )?
6. Чему равна эффективная ширина доменных границ следующих типов:
- $180^\circ$ -ных ДГ в одноосных кристаллах с  $K_1 > 0$ ;
  - $180^\circ$ -ных ДГ в кубических кристаллах с  $K_1 > 0$  ( $\mathbf{n} \parallel \langle 100 \rangle$ );
  - $180^\circ$ -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  $180^\circ$ -ных доменных границ в одноосном кристалле.
10. Энергия  $90^\circ$ -ных доменных границ в кубическом кристалле.
11. Энергия  $180^\circ$ -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  $\mu^*$ -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
Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений №40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вольтметр В7-78/1</li> <li>2. Экран настенный ScreenMedia 153*203</li> <li>3. Контроллер GPIB-USB-HS 778927-01</li> <li>4. Сканер для вольтметра В7-78/1</li> <li>5. Сканер для вольтметра В7-78/1</li> <li>6. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830</li> <li>7. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830</li> <li>8. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5"</li> <li>9. Установка "Мишень"</li> <li>10. Системный блок P4 1.6 512/ASUS P4B266/DDR2*512/80Gb ST380021A(2ШТ)+клавиатура+мышь</li> <li>11. Переносной комплект мультимедийной техники</li> </ol>	<p>Google Chrome – бесплатно</p> <p>Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.</p> <p>MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p> <p>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
Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт</li> <li>2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2)</li> </ol>	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно</p> <p>Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 -</p>

<p>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>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>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 ИС00000027 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