

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.08.2023 16:23:21  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько



«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Доменная структура магнетиков**

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент кафедры ФКС Семенова Е.М.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. 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 осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач; способность выполнять экспериментальную работу в области физики и оформлять результаты исследований и разработок; способность сопровождать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов.

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

Дисциплина «Доменная структура магнетиков» изучается в модуле «Магнетизм» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Содержательно дисциплина связана с дисциплинами «Физика магнитных явлений», «Магнетизм в конденсированных средах», «Процессы перемангничивания магнетиков», «Микромагнетизм». Для успешного освоения дисциплины необходимы знания основных законов общей и теоретической физики. Дисциплина является основой общего физического практикума, производственной и преддипломной практик.

Профессиональные компетенции, сформированные при изучении данной дисциплины, необходимы для успешной работы обучающегося при выполнении выпускной квалификационной работы.

**3. Объем дисциплины:** 4 зачетные единицы, 144 академических часов,

**в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов, лабораторные работы 30 часов;

**самостоятельная работа:** 84 часа, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-2.</b> Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры.	<b>ПК-2.1.</b> Использует техническую документацию при работе с радиоэлектронной аппаратурой при проведении научно-исследовательских и прикладных работ. <b>ПК-2.2.</b> Осуществляет работу с современными средствами измерения, применяемыми в эксперименте.
<b>ПК-4.</b> Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.	<b>ПК-4.1.</b> Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Экзамен в 7 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) 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, в т.ч. контроль (час)
		Лекции		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. III	всего	в т.ч. III	
<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.	<b>2</b>	<b>2</b>				
<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 лоренцевской электронной микроскопии. Метод магнитно-силовой микроскопии.	<b>6</b>	<b>2</b>				<b>4</b>
<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	<b>12</b>	<b>6</b>				<b>6</b>

<p>трудного намагничивания. Поле анизотропии. Формы записи энергии МКА для кристаллов различных сингоний. Положения преимущественных направлений намагничивания. Диаграммы МКА для кубических, одноосных и тетрагональных кристаллов. Различные типы МКА в одноосных магнетиках. Экспериментальные данные о величине констант и типе МКА 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.</p>	<b>4</b>	<b>2</b>				<b>2</b>
<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</p>	<b>4</b>	<b>2</b>				<b>2</b>

микромагнитный подход.						
<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. Строгое рассмотрение задачи о доменных границах в массивных кристаллах в модели 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 и их преимущественная ориентация. 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>	<b>10</b>	<b>6</b>				<b>4</b>
<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</p>	<b>6</b>	<b>4</b>				<b>2</b>

связями.						
<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 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 <math>\mu^*</math>-поправке. Учет объемных магнитных зарядов внутри низкоанизотропных магнетиков. Вывод формулы для оценки <math>\mu^*</math>-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.</p>	6	4				2
<p><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.</p>	6	2				4

<b>Лабораторные работы</b>						
<b>Работа №1.</b> Освоение методики приготовления металлографических шлифов для исследования доменной структуры.	<b>8</b>			<b>6</b>		<b>2</b>
<b>Работа №2.</b> Изучение приемов оптической микроскопии в исследованиях доменной структуры.	<b>9</b>			<b>4</b>		<b>5</b>
<b>Работа №3.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом порошковых осадков.	<b>10</b>			<b>4</b>		<b>6</b>
<b>Работа №4.</b> Изучение доменной структуры магнетиков магнитооптическим методом полярного эффекта Керра.	<b>12</b>			<b>6</b>		<b>6</b>
<b>Работа №5.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом эффекта Фарадея.	<b>10</b>			<b>4</b>		<b>6</b>
<b>Работа №6.</b> Изучение доменной структуры магнетиков методом магнитно-силовой микроскопии.	<b>12</b>			<b>6</b>		<b>6</b>
<b>экзамен</b>	<b>27</b>					<b>27</b>
<b>ИТОГО</b>	<b>144</b>	<b>30</b>		<b>30</b>		<b>84</b>

### **III. Образовательные технологии**

<b>Учебная программа-наименование разделов и тем</b>	<b>Вид занятия</b>	<b>Образовательные технологии</b>
<b>Введение.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Экспериментальные методы исследования доменной структуры.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Основные типы взаимодействий в магнитоупорядоченных кристаллах.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация



<b>Экспериментальные данные о доменных структурах в ферромагнетиках.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Основные понятия теории доменной структуры.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Доменные границы в массивных кристаллах.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Доменные границы в тонких магнитных пленках.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Модели основной доменной структуры в массивных кристаллах.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация
<b>Поверхностные доменные структуры.</b>	Лекция	Традиционная лекция Презентация

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**Форма проведения экзамена:** студенты, освоившие программу курса, могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

#### **Типовые задания для оценки уровня формирования компетенций.**

**ПК-2. Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры.**

**Задание:** По заданным температурным зависимостям констант МКА образца определить изменения его типа МКА и точки спин-переориентационных переходов.

**Способ аттестации:** письменный

### **Критерии оценки:**

- **Высокий уровень (3 балла):** Понимает физику явления, составляет математические выражения для получения решения. Получает правильный ответ.

- **Средний уровень (2 балла):** Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Получает правильный ответ.

- **Низкий уровень (1 балл):** Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Из-за алгебраической неточности не получает правильный ответ.

### **ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.**

**Задание:** В выражении для объемной плотности энергии МКА одноосного кристалла учесть только первую константу МКА. Определить направления легких и трудных осей намагничивания в зависимости от  $K_1$ . Назвать тип МКА. Определить энергию МКА вдоль легких и трудных осей намагничивания. Построить диаграмму МКА.

**Способ аттестации:** письменный

### **Критерии оценки:**

- **Высокий уровень (3 балла):** Понимает физику явления, составляет математические выражения для получения решения. Получает правильный ответ.

- **Средний уровень (2 балла):** Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Получает правильный ответ.

- **Низкий уровень (1 балл):** Понимает физику явления. Испытывает сложности с составлением математических выражений для получения решения. Из-за алгебраической неточности не получает правильный ответ.

## **V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Рекомендуемая литература**

#### **а) основная литература:**

1. Чжан А.В. Процессы перемагничивания и доменная структура ферромагнетиков [Электронный ресурс]: монография. – Красноярский государственный аграрный университет, 2017. – 152 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/130146>.
2. 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. Вонсовский С. В. Магнетизм: монография / С. В. Вонсовский – Москва: Наука, 1971. – 1032.
2. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений: учебное пособие / Г. С. Кринчик – Москва, издательство МГУ, 1976. – 367 с.
3. Хуберт А. Теория доменных стенок в упорядоченных средах: монография / А. Хуберт – Москва: Мир, 1977. – 306 с.

**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>
4. Сервер информационно-методического обеспечения учебного процесса ТвГУ <http://edc.tversu.ru>

**VI. Методические материалы 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. Письменный опрос по теории (10 вопросов) – 20 баллов: по 2 балла – за правильный ответ на каждый вопрос, по 1 баллу – за неполный ответ. Лабораторные работы (6 работ) – 20 баллов.

### VII. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оборудованная мультимедийным проектором. Для обеспечения лабораторных занятий используются металлографические микроскопы Neophot 30 и Axiovert 200 MAT, а также персональные компьютеры.

<p>Учебно-научная лаборатория магнитных и электрических измерений № 40 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лабораторные электронные весы с гирей M-ER 122ACF JR-600.01 LCD</li> <li>2. Вольтметр АКИП-2101</li> <li>3. Вольтметр АКИП-2101</li> <li>4. Источник питания с опцией интерфейса USB АКИП-1141</li> <li>5. Источник питания с опцией интерфейса USB АКИП-1141</li> <li>6. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S</li> <li>7. Компьютер с монитором 940N Core 6550 Vox/Asus P5KSE/2*1024DDRII/160/7200/DVDRW/</li> <li>8. Экран настенный ScreenMedia 153*203</li> </ol>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise .  MS Office 365 pro plus  Kaspersky Endpoint Security для Windows -  Архиватор 7-Zip -  бесплатно  Acrobat Reader DC -  бесплатно  Google Chrome –  бесплатно  Почта Outlook –  бесплатно  Origin 8.1 Sr2 -  договор №13918/M41 от</p>
--	--	--

	<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Мультиметр цифровой высокой точности UT804</li> <li>10. Установка импульсного намагничивания "Мишень"</li> <li>11. Мультиметр цифровой высокой точности UT804 (2 шт.)</li> <li>12. Электромагнит (3 шт.)</li> <li>13. Электромагнит ЭМ-1</li> <li>14. Осциллограф С-1-68</li> <li>15. Ферротестер</li> <li>16. Блок питания Б5-9</li> <li>17. Вольтметр В7-27А (2 шт.)</li> <li>18. Генератор ГЗ-102 (3 шт.)</li> <li>19. Источник питания Б-5-8 (2 шт)</li> <li>20. Осциллограф С-1-65</li> <li>21. Генератор ГЗ-34 (2 шт.)</li> <li>22. Блок питания Б-5-21</li> <li>23. Микровеберметр Ф-190</li> <li>24. Проектор BenQ MP777</li> <li>25. Блок питания</li> <li>26. Вольтметр В-7-23</li> <li>27. Генератор ГЗ-109</li> <li>28. Генератор Ф-578</li> <li>29. Источник питания Б-5-21</li> </ol>	<p>24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»;  NI MAX Measurement &amp; Automation Explorer –  бесплатно  Microsoft Visual Studio 2019 - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.  Mozilla Firefox -  бесплатно</p>
<p>Учебно-научная лаборатория оптической микроскопии № 38 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Микроскоп Axiovert 200 MAT</li> <li>2. Оптический металлографический микроскоп Neophot-30</li> <li>3. Перестраиваемый источник постоянного магнитного поля большой интенсивности</li> <li>4. Азотный криостат</li> <li>5. Контроллер GPIB-USB-HS 778927-01</li> <li>6. Предусилитель напряжения малошумящий SR 560 Stanford</li> <li>7. Вольтметр-мультиметр универсальный цифровой (5 шт)</li> <li>8. Линейный источник питания HY1505D</li> <li>9. Сканер для вольтметра В7-78/1 (2 шт)</li> <li>10. Двухфазный Lock-in усилитель SR 830 (2 шт)</li> <li>11. Источник питания постоянного тока программируемый АКПП-1118</li> <li>12. Автотрансформатор 1-фазный TDGC2 3KVA 12A 220V</li> <li>13. Источник питания постоянного тока и напряжения большой мощности</li> <li>14. Электромагнит</li> <li>15. Видеокамера цифровая</li> <li>16. Видеокамера цифровая Levenhuk</li> <li>17. Системный блок и 2 монитора P IV 1.8G Vox/Asus</li> <li>18. Компьютер с монитором Intel Pentium</li> </ol>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise.  MS Office 365 pro plus  Kaspersky Endpoint Security для Windows -  Архиватор 7-Zip -  бесплатно  Acrobat Reader DC -  бесплатно  Google Chrome –  бесплатно  Почта Outlook –  бесплатно  Origin 8.1 Sr2 -  договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»;  NI MAX Measurement &amp; Automation Explorer –  бесплатно  Microsoft Visual Studio 2019 - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.  Mozilla Firefox -  бесплатно</p>

	<p>Хеон 2.0 ГГц 1333МГц/DIMM DDR2</p> <p>19. Вольтметр универсальный цифровой В7-78/3</p> <p>20. Сканер Epson Perfection V37</p> <p>21. Системный блок и 2 монитора Samsung E1920 PIV 2800/P4P800/256</p> <p>22. Весы лабораторные ВЛ-120 с гирей калибровочной 100гЕ2</p> <p>23. Весы лабораторные ВЛТЭ-500г с гирей калибровочной 500г F2</p> <p>24. Монитор ж/к 17" BenQ Silver-Black 1280*1024</p> <p>25. Проектор EPSON EB-X05 ЕЕВ</p> <p>26. Шкаф вытяжной</p> <p>27. Монитор 17" Samsung SuncMaster 173P</p> <p>28. Монитор LG-TFT20 W2043 SE-PF (2 шт)</p> <p>29. Брошюровщик Vulros S60</p> <p>30. Системный блок P4 3200/Asus AP130-EI/512DDR 400(4шт)/200Gb</p> <p>31. Диктофон цифровой Olympus VN-8100PC</p> <p>32. Паяльная станция СТ-937</p> <p>33. Паяльник</p>	
--	--	--

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

<b>№ п.п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Реквизиты документа, утвердившего изменения</b>
1.			
2.			