

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования

"Московский авиационный институт  
(национальный исследовательский университет)"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_  
Козорез Д.А.  
27 июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000181549)**

Физические методы исследования материалов

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Квалификация выпускника	Бакалавр
Профиль подготовки	Материаловедение и технологии металлических материалов
Форма обучения	очная (очно, очно-заочное, заочное)
Выпускающая кафедра	ТАОМ
Обеспечивающая кафедра	ТАОМ
Кафедра-разработчик рабочей программы	ТАОМ

Семестр	З.Е.	Трудоемкость, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час	Экзамен-нов, час.	Форма промежуточног о контроля
7	4	144	32	16	16	44	36	Э
Итого	4	144	32	16	16	44	36	

Москва  
2022

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## Разделы рабочей программы

1. Цели освоения дисциплины. Перечень планируемых результатов обучения.
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Структура и содержание дисциплины.
4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
5. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
9. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.
10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

## Приложения к рабочей программе дисциплины

Приложение 1. Аннотация рабочей программы

Приложение 2. Прикрепленные файлы

Программа составлена в соответствии с требованиями СУОС МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО (3++) по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Авторы программы:

Драницин А. В.

\_\_\_\_\_

Заведующий обеспечивающей кафедрой ТАОМ

\_\_\_\_\_

Программа одобрена:

Заведующий выпускающей кафедрой  
ТАОМ

Директор выпускающего филиала СТ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ.

Целью освоения дисциплины Физические методы исследования материалов является достижение следующих результатов освоения(РО):

N	Шифр	Результат обучения
1	З-1(ПКР-3.1)	Знать методы исследования структуры материалов и контроля свойств изделий
2	У-1(ПКР-3.1)	Уметь выбирать методы исследования структуры материалов и контроля свойств изделий
3	В-1(ПКР-3.1)	Владеть опытом по выбору методов исследования структуры материалов и контроля свойств изделий
4	З-1(ПКР-3.3)	Знать номенклатуру материалов, используемых на производстве, и особенности пробоподготовки для различных видов контроля
5	У-1(ПКР-3.3)	Уметь организовать и производить технический контроль всего цикла обработки изделий
6	В-1(ПКР-3.3)	Владеть навыком подбора средств измерений для проверки стабильности технологических процессов, контроля и испытаний продукции, исходя из особенностей их применения и требуемой точности измерений
7	У-1(ПКР-4.3)	Уметь определять перечень необходимых приборов, инструментов и средств индивидуальной защиты для производства
8	У-1(ПКР-5.3)	Уметь проводить лабораторный анализ и контролировать свойства основных и вспомогательных материалов
9	В-1(ПКР-5.3)	Владеть навыком отбора проб и анализа основных и вспомогательных материалов

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

N	Шифр	Компетенция
1	ПКР-3	Способен выбирать методы исследования структуры материалов и контроля их свойств
2	ПКР-4	Способен осуществлять обоснованный выбор технологического оборудования
3	ПКР-5	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки материалов с целью повышения их конкуренто-способности

Индикаторы достижения компетенций, служащие для проверки сформированности части соответствующей компетенции:

N	Шифр	Индикатор компетенций
1	ПКР-3.1	Осуществляет выбор метода исследования структуры материалов и контроля их свойств
2	ПКР-3.3	Осуществляет техническое регулирование качества обрабатываемых изделий

3	ПКР-4.3	Осуществляет контроль выполнения работниками технологических операций процесса производства
4	ПКР-5.3	Проводит анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, а так же проводит обработку экспериментальных результатов
5	ПКР-3.1	Осуществляет выбор метода исследования структуры материалов и контроля их свойств
6	ПКР-3.3	Осуществляет техническое регулирование качества обрабатываемых изделий
7	ПКР-4.3	Осуществляет контроль выполнения работниками технологических операций процесса производства
8	ПКР-5.3	Проводит анализ сырья, материалов на соответствие стандартам и техническим условиям, используемым в производстве, а так же проводит обработку экспериментальных результатов

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Физические методы исследования материалов является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

N	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Ознакомительная практика II	Научно-исследовательская работа
2	Технологическая практика	Итоговая гос. аттестация
3	Научные основы материаловедения	Материаловедение и технологии конструкционных материалов 2
4		Технологическое оборудование в процессах обработки металлических материалов
5		Автоматизированные системы технологической подготовки производства

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы), 144 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
ФМИМ 7 семестр	Количественная оптическая микроскопия.	6	0	16	16	38	144
	Рентгеноструктурный анализ.	6	16	0	16	38	
	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	6	0	0	4	10	

	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	4	0	0	2	6	
	Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).	4	0	0	2	6	
	Термический и дилатометрический анализ.	6	0	0	4	10	
<b>Всего</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

### 3.1. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Тема лекции
1	1.1.Количественная оптическая микроскопия.	6	Количественная оптическая микроскопия.
2	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	6	Рентгеноструктурный анализ
3	1.3.Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	6	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)
4	1.4.Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	4	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).
5	1.5.Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).	4	Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).
6	1.6.Термический и дилатометрический анализ.	6	Термический и дилатометрический анализ.
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	

### 3.2. Содержание лекций

#### 1.1.1. Количественная оптическая микроскопия. (АЗ: 6, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Предмет количественной металлографии. Систематизация структуры с геометрической точки зрения. Полуколичественные методы. Основные методы исследования. Анализ по площадям. Точечный метод. Линейный метод. Результирующая оценка основных методов исследования. Рекомендации по фотографированию и изображению структуры для определения распределения по размерам. Вспомогательные средства и приборы количественной металлографии. Примеры использования методов количественной металлографии.

### **1.2.1. Рентгеноструктурный анализ (АЗ: 6, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Задача рентгеноструктурного анализа в исследованиях и контроле качества металлических материалов. Природа рентгеновских лучей. Их спектры. Поглощение рентгеновских лучей. Применение эффекта фотоэлектрического поглощения для регистрации рентгеновских лучей. Детекторы рентгеновского излучения. Принципы дифракционных методов анализа и аппаратура. Основные определения и формулы структурной кристаллографии. Геометрия дифракционных картин и обратная решетка кристаллов. Интенсивность рассеяния рентгеновских лучей. Техника получения и регистрации дифракционных картин (аппаратура). Фазовый качественный и количественный анализ. Анализ твердых растворов. Построение диаграмм состояния. Анализ фазового состава стали после термической обработки. Анализ структурного состояния металлических материалов. Анализ текстур. Анализ остаточных макронапряжений. Анализ дефектов кристаллического строения по эффекту уширения линий рентгенограмм.

### **1.3.1. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) (АЗ: 6, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Конструкция просвечивающего электронного микроскопа и принцип его работы. Методы электронномикроскопического исследования металлов и сплавов. Косвенный метод. Полупрямой метод. Прямой метод. Информация, полученная при исследовании металлов и сплавов методом фольг. Микродифракционный фазовый анализ. Определение ориентировки кристаллов, разориентировки зерен и субзерен и ориентационных соотношений. Диффузное рассеяние электронов (тепловое рассеяние; рассеяние, связанное с размерами кристалла; эффекты ближнего порядка; эффекты, связанные с выделениями второй фазы). Изучение дислокационной структуры (свойства и поведение отдельных дислокаций; дислокационные структуры). Прямое изучение процессов, происходящих в тонкой фольге (опыты с нагревом образца; опыты с охлаждением образца; опыты с деформацией образца). Тенденции и перспективы развития ПЭМ.

### **1.4.1. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Место РЭМ в микроскопии. Принцип работы. Взаимодействие электронов с веществом. Детектирование сигналов и формирование контраста изображения. Обработка сигнала. Конструкция растрового электронного микроскопа. Локальный анализ. Стереомикроскопия. Применение РЭМ в металловедческих исследованиях. Металлография. Фрактография. Изучение кристаллической и дислокационной структуры металлов. Перспективы развития РЭМ.

### **1.5.1. Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА). (АЗ: 4, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Общие принципы метода и его разновидности. Современные приборы, используемые для проведения РСМА. Принципиальное устройство. Локальность и чувствительность РСМА. Методология проведения анализа. Особенности подготовки объектов для исследования. Выбор эталонов. Качественный анализ. Количественный анализ.

### **1.6.1. Термический и дилатометрический анализ. (АЗ: 6, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Термический анализ. Построение линий ликвидуса и солидуса на диаграммах состояния. Изучение превращений в сплавах в твердом состоянии. Метод простого (обычного) термического анализа. Метод дифференциального термического анализа. Методика выполнения термического анализа: (методы измерения температуры; метод выбора массы образца; метод выбора скорости изменения температуры). Дилатометрический анализ. Сущность метода. Схемы анализа (простой и дифференциальный анализ). Конструкции дилатометров. Дилатограммы (примеры).

## **3.3. Практические занятия**

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем часов	Наименование практического занятия
1	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Индицирование рентгенограмм металлов с кубической кристаллической решеткой.
2	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Рентгеновский метод исследования текстуры деформации металлов.
3	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Рентгеновский метод определения структурных изменений при закалке стали.
4	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Фазовый анализ титановых сплавов рентгеновским методом.
<b>Итого:</b>		<b>16</b>	

## **3.4. Содержание практических занятий**

### **1.2.1. Индицирование рентгенограмм металлов с кубической кристаллической решеткой. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **1.2.2. Рентгеновский метод исследования текстуры деформации металлов. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **1.2.3. Рентгеновский метод определения структурных изменений при закалке стали. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Практическое занятие

#### **1.2.4. Фазовый анализ титановых сплавов рентгеновским методом. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Практическое занятие

### **3.5. Лабораторные работы**

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Объем часов</b>	<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Наименование лаборатории</b>
1	1.1.Количественная оптическая микроскопия.	4	Определение объемной доли фазовых и структурных составляющих сплавов.	Материаловедени е и термическая обработка
2	1.1.Количественная оптическая микроскопия.	4	Определение числа выпуклых частиц фазы в объеме сплава и параметров распределения их размеров.	Материаловедени е и термическая обработка
3	1.1.Количественная оптическая микроскопия.	4	Определение относительной удельной поверхности фаз сплава и удельной поверхности металлических порошков.	Материаловедени е и термическая обработка
4	1.1.Количественная оптическая микроскопия.	4	Количественный металлографический анализ двухфазных титановых сплавов.	Материаловедени е и термическая обработка
<b>Итого:</b>		<b>16</b>		

### **3.6.Содержание лабораторных работ**

#### **1.1.1. Определение объемной доли фазовых и структурных составляющих сплавов. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **1.1.2. Определение числа выпуклых частиц фазы в объеме сплава и параметров распределения их размеров. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **1.1.3. Определение относительной удельной поверхности фаз сплава и удельной поверхности металлических порошков. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **1.1.4. Количественный металлографический анализ двухфазных титановых сплавов. (АЗ: 4, СРС: 3)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

### **3.7. Курсовые работы и проекты по дисциплине**

### **3.8. Промежуточная аттестация**



1. Экзамен (7 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (7 семестр).doc, Экзамен (7 семестр).pdf

#### **4. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основная и дополнительная литература по дисциплине
2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».
3. Ресурсы научно-технической библиотеки МАИ.
4. Информационные стенды кафедры.

#### **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Описание показателей, критерии оценивания компетенций и описание шкал оценивания осуществляются в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки результатов обучения студентов по дисциплине (Приказ №42 от 04.04.2014 «Об утверждении положения «Рейтинг по дисциплине»).

Для оценивания интегрированных и практико-ориентированных заданий обучающихся используются следующие критерии по 100-балльной шкале:

1. Формулирование представленной информации в виде проблемы;
2. Предложение способа решения проблемы;
3. Обоснование способа решения проблемы;
4. Демонстрация способа решения проблемы.

Оценивание осуществляется по следующей шкале:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 40	Критерий не сформирован
41-70	Критерий четко не выражен
71-100	Критерий выражен четко

Для оценивания ситуационных заданий используется следующая шкала:

100-балльная шкала	Результат освоения
менее 30	обучающийся не может сформулировать проблему, представленную в задании
31-50	обучающийся формулирует поставленную задачу, у него сформированы изолированные знания и умения, однако отсутствуют интегрированные понятия и навыки, в результате чего допущены ошибки в решении и задание не выполнено
51-80	задание выполнено, обучающийся применяет знания для решения поставленной проблемы, однако не сформированы компетенции, вследствие чего обучающийся испытывает затруднения в демонстрации способов решения задачи

81-100	задание выполнено как в теоретическом, так и в практическом плане, обучающийся легко демонстрирует свою компетентность по данному вопросу
--------	---

Фонды оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения, включают в себя:

- вопросы к промежуточной аттестации.

Перечень компетенций и этапы их формирования приведены в следующей таблице:

N	Шифр	Компетенция	Этапы формирования компетенции
1	ПКР-3	Способен выбирать методы исследования структуры материалов и контроля их свойств	Знать методы исследования структуры материалов и контроля свойств изделий Уметь выбирать методы исследования структуры материалов и контроля свойств изделий Владеть опытом по выбору методов исследования структуры материалов и контроля свойств изделий Знать номенклатуру материалов, используемых на производстве, и особенности пробоподготовки для различных видов контроля Уметь организовать и производить технический контроль всего цикла обработки изделий Владеть навыком подбора средств измерений для проверки стабильности технологических процессов, контроля и испытаний продукции, исходя из особенностей их применения и требуемой точности измерений Семестр - 7
2	ПКР-4	Способен осуществлять обоснованный выбор технологического оборудования	Уметь определять перечень необходимых приборов, инструментов и средств индивидуальной защиты для производства Семестр - 7
3	ПКР-5	Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки материалов с целью повышения их конкурентно-способности	Уметь проводить лабораторный анализ и контролировать свойства основных и вспомогательных материалов Владеть навыком отбора проб и анализа основных и вспомогательных материалов Семестр - 7

### Вопросы к промежуточной аттестации

"Физические методы исследования материалов"

#### 1. Экзамен (7 семестр)

Прикрепленные файлы: Экзамен (7 семестр).doc, Экзамен (7 семестр).pdf

## **6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ***а) Основная литература:***

- 1. Криштал М.М., Ясников И.С., Полуниин В.И. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ. – М.: Техносфера, 2009. – 208 с.
- 2. Кларк Э.Р., Эберхардт К.Н. Микроскопические методы исследования материалов. – М.: Техносфера, 2007. – 375с.
- 3. Драницин А.В. Определение объемной доли фазовых и структурных составляющих сплавов методами оптической микроскопии. Методические указания к лабораторной работе. – М.: МАТИ, 2014. – 16с.
- 4. Драницин А.В. Определение числа выпуклых частиц фазы в объеме сплава и параметров распределения их размеров методами оптической микроскопии. Методические указания к лабораторной работе. – М.: МАТИ, 2014. – 21с.
- 5. Драницин А.В. Определение относительной удельной поверхности фаз сплава и удельной поверхности металлических порошков методами оптической микроскопии. Методические указания к лабораторной работе. – М.: МАТИ, 2014. – 14с.
- 6. Драницин А.В. Количественный металлографический анализ двухфазных титановых сплавов методами оптической микроскопии. Методические указания к лабораторной работе. – М.: МАТИ, 2014. – 28с.
- 7. Егорова Ю.Б., Драницин А.В., Мамонова Ф.С. Индицирование рентгенограмм металлов с кубической кристаллической решеткой. Методические указания к практическому занятию. – М.: МАТИ. 2013. – 16с.
- 8. Егорова Ю.Б., Драницин А.В., Мамонова Ф.С. Рентгеновский метод исследования текстуры деформации металлов. Методические указания к практическому занятию. – М.: МАТИ, 2013. – 14с.
- 10. Егорова Ю.Б., Драницин А.В., Мамонова Ф.С. Фазовый анализ титановых сплавов рентгеновским методом. Методические указания к практическому занятию. – М.: МАТИ, 2013. – 16с.
- 11. Егорова Ю.Б., Драницин А.В., Мамонова Ф.С. Рентгеновский метод определения остаточных макронапряжений в титановых сплавах. Методические указания к практическому занятию. – М.: МАТИ, 2013. – 11с.

### ***б) Дополнительная литература:***

- 1. Физическое материаловедение в 6 томах. Том 3. Методы исследования структурно-фазового состояния материалов / Н.В. Волков, В.И. Скрытний, В.П. Филиппов, В.Н. Яльцев; под ред. Б.А. Калина. – М.: МИФИ, 2008. – 808с.
- 2. Журавлев Л.Г., Филатов В.И. Физические методы исследования металлов и сплавов. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – 560с.
- 3. Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. – М.: Металлургия, 1982. – 632с.
- 9. Егорова Ю.Б., Драницин А.В., Мамонова Ф.С. Рентгенографический метод определения структурных изменений при закалке стали. Методические указания к практическому занятию. – М.: МАТИ, 2013. – 10с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Для обеспечения образовательного процесса по дисциплине обучающимся предоставляется возможность круглосуточного дистанционного индивидуального доступа к электронным библиотечным системам из любой точки, в которой имеется доступ к сети «Интернет».

Наименование ресурса	Интернет-ссылка на ресурс
<b>"ZNANIUM.COM"</b>	
Договор № 4855 эбс/027-1-3200-20 от 08.12.2020 с ООО "ЗНАНИУМ" С «18»12.2020 г. по «17»12.2021 г	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
Договор № эбс/027-1-3026-21 от 22.12.2021 с ООО "ЗНАНИУМ" С «15»12.2021 г. по «31»12.2022 г	<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>
Договор № эбс/027-1-2586-22 от 07.12.2022 с ООО "ЗНАНИУМ" С «20»12.2022 г. по «31»12.2023 г	
<b>ООО "Издательство Лань"</b>	
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022 г	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
Договор № 027-1-0234-21 от 18.02.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2021г. по « 21» 02.2022	
Договор № СЭБ 027-0-0400-21 от 15.09.2021 года с ООО "ЭБС Лань" С «15 »_09. 2021г. по « 14» 09.2024	
Договор № 027-1-0169-22 от 07.02.2022 года с ООО "Издательство Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023 г	
Договор № 027-1-0168-22 от 07.02.2022 года с ООО "ЭБС Лань" С «22 »_02. 2022г. по « 21» 02.2023	
<b>ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ"</b>	
Электронная библиотечная система ЮРАЙТ. ЭБС "Легендарные книги"	<a href="http://biblio-online.ru">http://biblio-online.ru</a> , <a href="https://biblio-online.ru/catalog/legendary">https://biblio-online.ru/catalog/legendary</a>
Договор № 027-1-3191-20 от 04.12.2020г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО С «04»12.2020 г. по «03»12.2021	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 027-1-3194-20 от 04.12.2020г. с ООО "Электронное издательства ЮРАЙТ" С «04»12.2020 г. по «03»12.2021 г	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>

Договор № 027-1-3034-21 от 03.12.2021г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2021 г. по «03»12.2022 г	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 150-1-3269-21 от 10.12.21 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Договор № 027-1-2554-22 от 01.12.2022г ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" С «04»12.2022 г. по «03»12.2023 г	
Договор № 5537 от 25.11.2022 ООО "Электронное издательство ЮРАЙТ" для СПО	
<b>Электронная библиотека МАИ</b>	
Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ). Лицензионный договор № 0267-НИЧ-13 от 11.12.2013 г. с ООО "Дата Экспресс "на право использования программы для ЭВМ Автоматизированная интегрированная библиотечная система (АИБС) «МегаПро» (для размещения Электронной библиотеки МАИ)	<a href="https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web">https://elibrary.mai.ru/MegaPro/Web</a>
<b>Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России</b>	
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России. Соглашение о создании Консорциума вузов России "Национальный объединенный аэрокосмический университет" от 03.09.2012 г. Договор о сетевом взаимодействии от 15.12.2014 г. Соглашение от «03»09.2012 г. бессрочно	
<b>Библиотека РФФИ</b>	
Библиотека РФФИ	<a href="http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library">http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library</a>
<b>Единое окно доступа к образовательным ресурсам</b>	
Единое окно доступа к образовательным ресурсам	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
<b>Polpred.com</b>	
Polpred.com. Обзор СМИ	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>
<b>ООО "РУНЭБ"</b>	
Договор № 027-1-3051-20 от 07.12.2020 с ООО "РУНЭБ" С «07»12.2020 г. по «06»12.2028	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
Договор № 027-1-2895-21 от 03.12.2021 с ООО "РУНЭБ" С «03»12.2021 г. по «02»12.2039	
Договор № 027-133215-22 от 20.12.2022 с ООО "НЭБ" С «20»12.2022 г. по «19»12.2030	
<b>ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт"</b>	
Договор № РКТ-054/20/027-1-1129-20 от 30.05.2020 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2020 г. по «31»05.2021 г	<a href="http://text.rucont.ru/">http://text.rucont.ru/</a>
Договор № 027-1-1235-21 от 01.06.2021 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2021 г. по «31»05.2022 г	<a href="https://text.rucont.ru/">https://text.rucont.ru/</a>
Договор № 027-1-1467-22 от 09.06.2022 с ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукоонт" С «01»06.2022 г. по «31»05.2023 г	<a href="https://text.rucont.ru/">https://text.rucont.ru/</a>

ФГБУ "РГБ"	
Договор о предоставлении доступа к Национальной электронной библиотеке (НЭБ) №101/НЭБ/2139 от 13.11.2018г. с ФГБУ" РГБ" С «13»11. 2018 г. по «12» 11. 2023	<a href="http://нэб.рф">http://нэб.рф</a>

ИП НЭИКОН	
Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
Национальная подписка на-2021 г с РФФИ Государственного задания № 075-00011-20-00 Web Of Science- <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> Scopus- <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a> Elsevier- <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> , <a href="http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct">http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections</a>  Springer Nature- <a href="http://rd.springer.com">http://rd.springer.com</a> , <a href="http://www.springerprotocols.com">http://www.springerprotocols.com</a> Математическая база данных zbMATH: <a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a> American Chemical Society (ACS)- <a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a> American Institute of Physics (AIP)- <a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a> American Physical Society- <a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a> EBSCO Publishing (База CASC)- <a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a> Cambridge University Press (CUP)- <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a> IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a> INSPEC компании EBSCO- INSPEC Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing- <a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a> MathSciNet American Mathematical Society- <a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a> Optical Society of America (OSA)- <a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a> Oxford University Press- <a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a> ProQuest Dissertations & Theses Global- <a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</a> ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL- <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a> SAGE Publication- <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a> Annual Reviews Science Collection (AR)- <a href="https://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a> JSTOR- <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a> Wiley. John Wiley & Sons.- <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a>	<a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a> <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a> <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a> , <a href="http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct">http://www.elsevierscience.ru/products/science-direct</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/journal-collections</a> , <a href="https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections">https://www.elsevier.com/solutions/sciencedirect/content/backfile-collections</a>  <a href="http://rd.springer.com">http://rd.springer.com</a> , <a href="http://www.springerprotocols.com">http://www.springerprotocols.com</a> <a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a>  <a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a> <a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a>  <a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a> <a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a>  <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a>  <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a>  <a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a>  <a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a>  <a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a> <a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a>  <a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</a>  <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a>  <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a> <a href="https://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a>  <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a> <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com</a>

<p><b>Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания</b></p> <p><b>Springer Nature:</b>  1. eBook Collection: журналы, книги - <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a>  2. Коллекция журналов и базы данных Springer Nature: <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a></p> <p><b>Begell House Inc.</b>  <a href="https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html">https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</a></p> <p><b>China Academic Journals (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd:</b> <a href="https://ar.cnki.net/ACADREF">https://ar.cnki.net/ACADREF</a></p> <p><b>Institute of Electrical and Electronics Engineers:</b>  <a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>;  <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p><b>EBSCO.</b> <a href="https://www.search.ebscohost.com/">https://www.search.ebscohost.com/</a>  <b>INSPEC:</b>  1. База данных Academic Search Premier  2. База данных eBook Academic Collection  3. eBook EngineeringCore Collection</p> <p><b>ORBIT Intelligence</b> - база данных QUESTEL:  <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a></p> <p><b>SAGE</b> <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a></p> <p><b>Publication:</b></p> <p><b>Wiley:</b> <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a></p>	<p><a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a></p> <p><a href="https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html">https://www.dl.begellhouse.com/collections/6764f0021c05bd10.html</a></p> <p><a href="https://ar.cnki.net/ACADREF">https://ar.cnki.net/ACADREF</a></p> <p><a href="https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp</a>; <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p><a href="https://www.search.ebscohost.com/">https://www.search.ebscohost.com/</a></p> <p><a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a></p> <p><a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a></p> <p><a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a></p>
---	--

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Эффективным способом развития творческих способностей студентов при изучении дисциплины является самостоятельная работа, которая нацелена на проработку студентами материала прошедших контактных занятий и подготовку к предстоящим занятиям.

Самостоятельная работа студентов проводится ими в соответствии с собственными возможностями. Можно, однако, рекомендовать групповое изучение материалов, обеспечивающее совместную работу нескольких студентов, что положительно влияет на качество проработки программы курса.

В то же время высокая степень усвоения изучаемой дисциплины достигается при постоянной работе студентов над текущим материалом. В этой связи желательна проработка лекционного материала в день его прочтения, что позволяет, во-первых, оперативно (на следующей лекции) снимать возникающие вопросы и, во-вторых, создавать багаж знаний по дисциплине задолго до промежуточной аттестации.

При подготовке к практическим занятиям также необходима проработка лекционного материала. Это позволит осознанно работать с предлагаемым материалом преподавателем на практическом занятии, а, следовательно, закладывать базу методик и приемов при решении практических задач.

При изучении материала необходимо делать акцент не на зазубривании материала, а на понимании его физической сути, что развивает мышление и позволяет понять методологию изучаемой дисциплины.



## **9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Дисциплина ориентирована на применение компьютерной техники, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", электронной библиотеки МАИ для поиска, сбора, хранения, обработки и представления информации.

***Программное обеспечение, Интернет-ресурсы, электронные библиотечные системы:***

1. Операционная система Windows 7.
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office 2007 (текстовый редактор Word 2007, таблицы).
3. Программа-браузер Internet Explorer 9.0.
4. Интернет ресурсы:

<http://mrc.org.ua/fiziko-himicheskie-metodi-issledovanij-materialov> (Сайт справочных данных и

<http://ru.wikipedia.org/wiki> (Свободная энциклопедия – Википедия);

<http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo> (Сайт справочных данных по методам исследований)

<http://do.gendocs.ru/docs/index-214391.html> (На сайте описываются задачи, решаемые методами

<http://refoteka.ru> (Рефераты по рентгеноструктурному и рентгеноспектральному анализу).

## **10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Лекционные занятия
  - 1.1. Конспект лекций по дисциплине в электронном виде;
  - 1.2. Комплект электронных презентаций/слайдов;
  - 1.3. Аудитория кафедры «Технология и автоматизация обработки материалов», оснащенная презентационной техникой (видеопроектор, экран, ноутбук).
2. Лабораторные работы
  - 2.1. Лаборатория «Металловедение и термическая обработка», оснащенная оптическими металлографическими микроскопами и комплектом микрошлифов.
3. Практические занятия
  - 3.1. Компьютерный класс кафедры «Технология и автоматизация обработки материалов»;
  - 3.2. Презентационная техника (видеопроектор, экран, ноутбук);
  - 3.3. Пакеты программного обеспечения общего назначения (текстовый редактор Word 2007, табличный процессор Excel 2007, программа создания и демонстрации презентаций PowerPoint 2007).

### **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина "Физические методы исследования материалов" является частью "Блока 1 Дисциплины" дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 22.03.01 "Материаловедение и технологии материалов". Дисциплина реализуется на Ступино институте "Московский авиационного института (национального исследовательского университета)" кафедрой (кафедрами) ТАОМ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ПКР-3, ПКР-4, ПКР-5.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: рассмотрением теоретических основ и практического использования основных методов исследования металлических материалов – оптической микроскопии, рентгеноструктурного анализа, просвечивающей и растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального микроанализа, термического и дилатометрического анализа.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: Лекция, Практическое занятие, Лабораторная работа.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: рубежный контроль в форме и промежуточная аттестация в форме Экзамен (7 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (32 часов), практические (16 часов), лабораторные (16 часов) занятия и (44 часов) самостоятельной работы студента.

**Приложение 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Физические методы исследования материалов»**

**Прикрепленные файлы**

**Экзамен (7 семестр).pdf**

## Промежуточная аттестация №1

### Экзамен (7 семестр)

**Семестр: 7**

**Вид контроля: Э**

**Вопросы:**

1. Предмет количественной оптической микроскопии.
2. Полуколичественные методы оптической микроскопии.
3. Основные методы исследования с помощью количественной оптической микроскопии. Анализ по площадям.
4. Основные методы исследования с помощью количественной оптической микроскопии. Точечный метод.
5. Основные методы исследования с помощью количественной оптической микроскопии. Линейный анализ.
6. Результирующая оценка основных методов исследования с помощью количественной оптической микроскопии.
7. Рекомендации по фотографированию и изображению структуры для определения распределения частиц фаз по размерам методом количественной оптической микроскопии.
8. Вспомогательные средства и приборы количественной оптической микроскопии.
9. Задачи рентгеноструктурного анализа в исследованиях металлических материалов.
10. Природа рентгеновских лучей. Спектры рентгеновских лучей.
11. Поглощение рентгеновских лучей.
12. Рассеяние рентгеновских лучей свободными электронами, атомами, кристаллической решеткой (монокристаллом).
13. Основные уравнения дифракции рентгеновских лучей.
14. Интерференция рентгеновских лучей в поликристаллических веществах.
15. Влияние различных факторов на интенсивность интерференционных максимумов рентгеновских лучей.
16. Сводная формула интегральной интенсивности интерференционных максимумов рентгеновских лучей.
17. Принципы методов рентгеноструктурного анализа.
18. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Метод Лауэ.
19. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Метод вращения.
20. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Метод широко расходящегося пучка.
21. Основные методы рентгеноструктурного анализа. Метод поликристалла (порошка).
22. Индексирование рентгенограмм, снятых по методу порошка.
23. Прецизионное измерение периодов кристаллической решетки рентгеновским методом.
24. Качественный фазовый анализ рентгеновским методом.
25. Количественный фазовый анализ рентгеновским методом.
26. Основные этапы установления структуры кристаллов рентгеновским методом.
27. Построение диаграмм состояния с использованием рентгеноструктурного метода.
28. Рентгеноструктурный анализ текстур в металлических материалах.
29. Рентгеноструктурный анализ дефектов кристаллического строения.
30. Принцип работы просвечивающего электронного микроскопа.
31. Особенности подготовки объекта для исследования методом РЭМ.
32. Методы электронно-микроскопического исследования металлов и сплавов.
33. Микродифракционный фазовый анализ.
34. Изучение структурных особенностей фазовых превращений методом просвечивающей электронной микроскопии.
35. Тенденции и перспективы развития ПЭМ.
36. Место РЭМ при исследовании материалов.
37. Принцип работы растрового электронного микроскопа.

38. Детектирования сигнала и формирование контраста изображения в растровом электронном микроскопе.
39. Применение РЭМ в металлографических исследованиях.
40. Исследование изломов с помощью РЭМ.
41. Изучение кристаллографической и дислокационной структуры металлов с помощью РЭМ.
42. Общие принципы метода рентгеноспектрального микроанализа и его практические разновидности.
43. Особенности подготовки объектов для исследования методом рентгеноспектрального анализа.
44. Качественный и количественный микрорентгеноспектральный анализ.
45. Физические основы термического анализа.
46. Методика выполнения термического анализа.
47. Методы простого и дифференциального термического анализа.
48. Сущность дилатометрического анализа.
49. Простой и дифференциальный дилатометрический анализ.
50. Конструкции и принцип работы дилатометров.