

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.  
“26” июня 2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000133871)**

**Физические методы исследования материалов**

*(указывается наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Квалификации выпускника Бакалавр

Профиль подготовки Материаловедение и технология новых 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.	КСР, час.	СРС, час.	Экзаменов, час.	Форма промежуточ- ного контроля
7	4	144	32	16	16	0	44	36	Э
Итого	4	144	32	16	16	0	44	36	

Москва  
2019

## **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 НИУ МАИ, разработанного на основе ФГОС ВО 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

---

---

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

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

№	Шифр	Результат обучения
1	З-1(ПК-4)	Знать современные технологии оценки качества материалов и изделий и процедуры сертификации
2	З-1(ПК-5)	Знать методику комплексных исследований и испытания материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные.
3	З-1(ПК-10)	Знать методики оценки качества материалов в производственных условиях
4	У-1(ПК-4)	Уметь определять физические, химические, механические свойства материалов при различных видах испытаний
5	У-1(ПК-5)	Уметь оценивать и оптимизировать современные технологии производства материалов и изделий, критически и научно оценивать состояние продукции и процесса её производства для совершенствования системы менеджмента качества
6	У-1(ПК-10)	Уметь выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий
7	В-1(ПК-4)	Владеть методами планирования и проведения измерительных экспериментов, выбора и использования методов обработки экспериментальных данных и оценки результатов экспериментов
8	В-1(ПК-5)	Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных
9	В-1(ПК-10)	Владеть способами оценки качества материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

№	Шифр	Компетенция
1	ПК-4	Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
2	ПК-5	Готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
3	ПК-10	Способность оценивать качество материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

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

№	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Металлические материалы и технический прогресс (Современные материалы и технологии)	Моделирование технологических процессов (Моделирование систем)
2	Физическая химия	Научно-исследовательская работа
3	Физическое металловедение	Итоговая гос. аттестация
4	Физика	
5	Общая химия 1 неорганическая химия	
6	Физика 2 Физика и механика деформируемых тел	
7	Метрология, стандартизация и сертификация	

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	КСР	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
ФМИМ 7 семестр	Количественная оптическая микроскопия.	6	0	16	0	16	38	144
	Рентгеноструктурный анализ.	6	16	0	0	16	38	
	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	6	0	0	0	4	10	
	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	4	0	0	0	2	6	
	Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).	4	0	0	0	2	6	
	Термический и дилатометрический анализ.	6	0	0	0	4	10	
<b>Всего</b>		<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>44</b>	<b>108</b>	<b>144</b>

#### 3.1.Содержание (дидактика) дисциплины

*В разделе приводится полный перечень дидактических единиц, подлежащих усвоению при изучении данной дисциплины.*

- 1. Предмет количественной металлографии. Систематизация структуры с геометрической точки зрения. Полуколичественные методы.
- 2. Основные методы исследования. Анализ по площадям. Точечный метод. Линейный метод. Результирующая оценка основных методов исследования.
- 3. Рекомендации по фотографированию и изображению структуры. Вспомогательные средства и приборы количественной металлографии.
- 4. Задача рентгеноструктурного анализа в исследованиях и контроле качества металлических материалов.
- 5. Природа рентгеновских лучей. Их спектры. Поглощение рентгеновских лучей. Регистрации рентгеновских лучей. Детекторы рентгеновского излучения.
- 6. Принципы дифракционных методов анализа и аппаратура. Основные определения и формулы структурной кристаллографии.

- 7. Анализ фазового состава. Анализ твердых растворов. Построение диаграмм состояния. Анализ фазового состава стали после термической обработки.
- 8. Анализ структурного состояния металлов. Анализ текстур. Анализ остаточных макронапряжений. Анализ дефектов кристаллического строения.
- 9. Конструкция просвечивающего электронного микроскопа и принцип его работы.
- 10. Методы электронномикроскопического исследования металлов и сплавов. Косвенный метод. Полупрямой метод. Прямой метод.
- 11. Информация, полученная при исследовании металлов и сплавов методом фольг. Микродифракционный фазовый анализ.
- 12. Определение ориентировки кристаллов, разориентировки зерен и субзерен и ориентационных соотношений.
- 13. Диффузное рассеяние электронов. Изучение дислокационной структуры.
- 14. Прямое изучение процессов, происходящих в тонкой фольге (опыты с нагревом и с охлаждением образца; опыты с деформацией образца).
- 15. Тенденции и перспективы развития ПЭМ.
- 16. Место РЭМ в микроскопии. Взаимодействие электронов с веществом. Детектирование сигналов и формирование контраста изображения. Обработка сигнала.
- 17. Конструкция растрового электронного микроскопа. Локальный анализ. Стереомикроскопия.
- 18. Применение РЭМ в металловедческих исследованиях. Металлография. Фрактография. Изучение кристаллической и дислокационной структуры металлов.
- 19. Перспективы развития РЭМ.
- 20. Общие принципы метода рентгеноструктурного микроанализа и его разновидности.
- 21. Современные приборы, используемые для проведения РСМА. Принципиальное устройство. Локальность и чувствительность РСМА.
- 22. Методология проведения анализа. Особенности подготовки объектов для исследования. Выбор эталонов. Качественный анализ. Количественный анализ.
- 23. Термический анализ. Построение линий ликвидуса и солидуса на диаграммах состояния. Изучение превращений в сплавах в твердом состоянии.
- 24. Метод простого (обычного) термического анализа. Метод дифференциального термического анализа.
- 25. Дилатометрический анализ. Сущность метода. Схемы анализа (простой и дифференциальный анализ). Конструкции дилатометров. Дилатограммы (примеры).

### 3.2. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции	Дидакт. единицы
1	1.1. Количественная	6	Количественная оптическая микроскопия.	1, 2, 3

	оптическая микроскопия.			
2	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	6	Рентгеноструктурный анализ	4, 5, 6, 7, 8
3	1.3.Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ).	6	Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ)	9, 10, 11, 12, 13, 14, 15
4	1.4.Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	4	Растровая электронная микроскопия (РЭМ).	16, 17, 18, 19
5	1.5.Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).	4	Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).	20, 21, 22
6	1.6.Термический и дилатометрический анализ.	6	Термический и дилатометрический анализ.	23, 24, 25
<b>Итого:</b>		<b>32</b>		

### 3.3.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).

### 3.4. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия	Дидакт. единицы
1	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Индицирование рентгенограмм металлов с кубической кристаллической решеткой.	4, 5, 6
2	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Рентгеновский метод исследования текстуры деформации металлов.	4, 5, 6, 8
3	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Рентгеновский метод определения структурных изменений при закалке стали.	4, 5, 6, 7
4	1.2.Рентгеноструктурный анализ.	4	Фазовый анализ титановых сплавов рентгеновским методом.	4, 5, 6, 7
<b>Итого:</b>		<b>16</b>		

### 3.5. 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

### **3.6.Лабораторные работы**

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

### **3.7.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

### **3.8.Контроль самостоятельной работы (КСР)**

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Объем, часов</b>	<b>Тема КСР</b>
<b>Итого:</b>			

### **3.9.Содержание КСР**

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

#### **3.11.Промежуточная аттестация**

**1.**

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

### **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	ПК-4	Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	Лекции: 1. Количественная оптическая микроскопия.. 2. Рентгеноструктурный анализ. 3. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). 4. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).. 5. Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).. 6. Термический и дилатометрический анализ.. Лабораторные работы: 1. Определение объемной доли фазовых и структурных составляющих сплавов.. 2. Определение числа выпуклых частиц фазы в объеме сплава и параметров распределения их размеров.. 3. Определение относительной удельной поверхности фаз сплава и удельной поверхности металлических порошков.. 4. Количественный металлографический анализ двухфазных титановых сплавов..
2	ПК-5	Готовность выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации	Лекции: 1. Рентгеноструктурный анализ. 2. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). 3. Растровая электронная микроскопия (РЭМ).. 4. Метод рентгеноспектрального микроанализа (метод РСМА).. 5. Термический и дилатометрический анализ.. Лабораторные работы: 1. Определение относительной удельной поверхности фаз сплава и удельной поверхности металлических порошков.. 2. Количественный металлографический анализ двухфазных титановых сплавов..
3	ПК-10	Способность оценивать качество материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения	Знать методики оценки качества материалов в производственных условиях Уметь выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности изделий Владеть способами оценки качества материалов в производственных условиях на стадии опытно-промышленных испытаний и внедрения Семестр - 7

### Вопросы к промежуточной аттестации

#### «Физические методы исследования материалов»

##### 1. Экзамен (7 семестр)

Прикрепленные файлы: Экзамен (7 семестр).doc

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

а)основная литература:

1. Криштал М.М., Ясников И.С., Полунин 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. Скрытный, 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>	
Электронная библиотечная система "ZNANIUM.COM".	<a href="http://znanium.com">http://znanium.com</a>
<b>ООО "Издательство Лань"</b>	
Электронная библиотечная система ООО "Издательство Лань".	<a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a>
<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>
<b>Электронная библиотека МАИ</b>	
Электронная библиотека МАИ (собственность МАИ).	<a href="http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web">http://elibrary.mai.ru/MegaPro2/Web</a>
<b>Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России</b>	
Электронная библиотека Консорциума аэрокосмических вузов России.	<a href="http://elsau.ru">http://elsau.ru</a>
<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>	
Электронная библиотечная система eLIBRARY.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
<b>ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт"</b>	
ООО "Национальный цифровой ресурс "Руконт".	<a href="http://text.rucont.ru">http://text.rucont.ru</a>

<b>ООО "ИВИС"</b>	
ООО "ИВИС".	<a href="http://ivis.ru">http://ivis.ru</a>
<b>ООО "Интегратор авторского права"</b>	
ООО "Интегратор авторского права" IQlib.	<a href="http://www.iqlib.ru/">http://www.iqlib.ru/</a>
<b>ФГБУ "РГБ"</b>	
Электронная библиотека диссертаций РГБ.	<a href="http://dvs.rsl.ru">http://dvs.rsl.ru</a>
Национальная электронная библиотека (НЭБ).	<a href="http://нэб.рф">http://нэб.рф</a>
<b>НП НЭИКОН</b>	
Некоммерческое партнерство "Национальный Электронно-Информационный Консорциум".	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</a>
Научные полнотекстовые ресурсы издательства Springer (архив).	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Научные полнотекстовые журналы издательства Taylor&Francis Group (архив).	<a href="http://www.tandfonline.com/">http://www.tandfonline.com/</a>
База данных GreenFile компании EBSCO.	<a href="http://www.greeninfoonline.com">http://www.greeninfoonline.com</a> .
<b>Внешнеэкономическое объединение "Академинторг"</b>	
American Physical Society American Mathematical Society	<a href="http://publish.aps.org/">http://publish.aps.org/</a> <a href="http://www.ams.org/mathscinet/index.html">http://www.ams.org/mathscinet/index.html</a>
<b>ФГБУ "ГПНТБ России"</b>	
База данных Web of Science (правообладатель - Thomson Reuters, с 03.10.2016 г. - Clarivate Analytics).	<a href="http://www.webofscience.com">www.webofscience.com</a>
База данных Scopus издательства Elsevier.	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Springer Customer Service Center GmbH в научных и образовательных целях. Springer Nature	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> <a href="http://www.nature.com/">http://www.nature.com/</a>
База данных компании EBSCO Publishing: БД CASC. БД <a href="http://www.mathscinet.org/">MathSciNet via EBSCOhost</a> .	<a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a>
Научные полнотекстовые журналы и книги издательства 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>
<b>РФФИ</b>	
Научные полнотекстовые англоязычные журналы American Chemical Society.	<a href="http://pubs.acs.org">http://pubs.acs.org</a> .

## 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, табличный процессор Excel 2007, программа создания презентаций и приложений PowerPoint 2007).
3. Программа-браузер Internet Explorer 9.0.
4. Интернет ресурсы:  
<http://mrc.org.ua/fiziko-himicheskie-metodi-issledovanij-materialov> (Сайт справочных данных по исследованию материалов);  
<http://ru.wikipedia.org/wiki> (Свободная энциклопедия – Википедия);  
<http://www.naukaspb.ru/spravochniki/Demo> (Сайт справочных данных по методам исследования металлов);  
<http://do.gendocs.ru/docs/index-214391.html> (На сайте описываются задачи, решаемые методом рентгеноструктурного анализа);  
<http://refoteka.ru> (Рефераты по рентгеноструктурному и рентгеноспектральному анализу).

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПО ОСВОЕНИЮ 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 факультете «Московский авиационного института (национального исследовательского университета)» кафедрой (кафедрами) ТАОМ.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ПК-4 ,ПК-5 ,ПК-10.

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: 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. Целью освоения дисциплины является формирование у студентов прочных знаний по методам исследования кристаллической структуры металлических материалов, фазового состава сплавов, химической неоднородности металлов и сплавов, структурных изменений в металлических материалах при их деформации и термической обработке, фазовых равновесий в двухкомпонентных сплавах, фазовых и структурных превращений в металлических материалах при их нагреве и охлаждении.

Задачами освоения дисциплины являются приобретение студентами навыков и умений при выполнении количественного анализа микроструктуры металлов и сплавов с помощью оптической микроскопии; при определении периодов кристаллической решетки и анализе фазового состава сплавов, текстур деформации, остаточных макронапряжений по рентгенограммам и дифрактограммам; при изучении методик исследования металлов и сплавов с помощью просвечивающей и растровой электронной микроскопии, рентгеновского микроанализа; при изучении методик определения температур кристаллизации, температур фазовых превращений в твердом состоянии, кинетики фазовых превращений в металлических материалах с помощью термического и дилатометрического анализа.

**Прикрепленные файлы**

Экзамен (7 семестр).doc

**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. Индицирование 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.