

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.  
«28» июня 2021

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000148985)**  
**Физическое металловедение**

*(указывается наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Квалификации 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.	Экзаменов, час.	Форма промежуточ- ного контроля
4	2	72	16	16	8	32	0	Зч
5	3	108	16	16	8	32	36	Э
<b>Итого</b>	<b>5</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>36</b>	

Москва  
2021

## **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 модифицированных ФГОС ВО (3++) по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

---

Авторы программы:

Габидуллин Э.Р.

---

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 Физическое металловедение является достижение следующих результатов освоения(РО):

N	Шифр	Результат обучения
1	3-2(ПКР-6.4)	Знать электронное строение металлов, типы атомных связей и свойства твердых тел
2	3-1(ПКР-9.3)	Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки
3	У-1(ПКР-9.3)	Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований
4	В-1(ПКР-9.3)	Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных
5	3-1(ПКО-1.2)	Знать строение и свойства металлических конструкционных материалов
6	3-1(ПКО-1.3)	Знать сущности процессов, происходящих при производстве и обработке конструкционных материалов
7	3-2(ПКО-1.4)	Знать физические и математические модели гомогенных и гетерогенных процессов
8	У-2(ПКО-1.4)	Уметь решать задачи по химической термодинамике и поверхностным явлениям
9	В-2(ПКО-1.4)	Владеть навыком решения инженерных задач в области физической химии

Перечисленные РО являются этапом формирования следующих компетенций:

N	Шифр	Компетенция
1	ПКО-1	Способен обоснованно использовать знания об основных видах материалов и их свойств после различных режимов обработки
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий
3	ПКР-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов

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

N	Шифр	Индикатор компетенций
1	ПКР-6.4	Использует в исследованиях и расчетах знания о методах анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, а так же о физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
2	ПКР-9.3	Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
3	ПКР-9.3	Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации
4	ПКР-9.3	Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, процессов их производства, обработки и модификации

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.

Дисциплина Физическое металловедение является предшествующей и последующей для следующих дисциплин:

N	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины
1	Физическая химия	Основы автоматизации технологических процессов
2		Теплотехника и основы теплопередачи

3		Материаловедение и технологии конструкционных материалов 2
4		Физика и механика деформируемых тел
5		Преддипломная практика
6		Итоговая гос. аттестация
7		Материаловедение и технологии конструкционных материалов 1
8		Научно-исследовательская работа
9		Технологическое оборудование в процессах обработки металлических материалов
10		Новые конструкционные и функциональные материалы (Материалы с особыми физико-химическими и физическими свойствами)

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы), 180 часа(ов).

Модуль	Раздел	Лекции	Практич. занятия	Лаборат. работы	СРС	Всего часов	Всего с экзаменами и курсовыми
ФМ 4 семестр	Введение	2	0	0	0	2	72
	Теория чистых металлов	2	0	0	2	4	
	Кристаллизация металлов	2	0	4	2	8	
	Теория металлических сплавов	2	0	0	2	4	
	Диаграммы состояния (ДС) и структура двойных сплавов	2	4	0	2	8	
	Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	2	12	0	20	34	
	Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны	2	0	4	2	8	
	Диаграмма состояния «Железо-цементит»	2	0	0	2	4	
ФМ 5 семестр	Физические свойства металлов и сплавов	2	0	4	4	10	108
	Теплофизические свойства металлов и сплавов	2	0	0	2	4	
	Электрические и	2	0	0	4	6	

	термоэлектрические свойства металлов						
	Механические свойства металлов при статических испытаниях	2	6	4	4	16	
	Физическая природа разрушения металлов и сплавов	2	0	0	6	8	
	Усталость и выносливость металлов и сплавов	2	6	0	4	12	
	Жаропрочность металлов и сплавов	2	0	0	4	6	
	Твердость металлов	2	4	0	4	10	
<b>Всего</b>		<b>32</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>64</b>	<b>144</b>	<b>180</b>

### 3.1. Лекции

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема лекции
1	1.1. Введение	2	Введение
2	1.2. Теория чистых металлов	2	Теория чистых металлов
3	1.3. Кристаллизация металлов	2	Кристаллизация металлов
4	1.4. Теория металлических сплавов	2	Теория металлических сплавов
5	1.5. Диаграммы состояния (ДС) и структура двойных сплавов	2	Диаграммы состояния (ДС) и структура двойных сплавов
6	1.6. Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	2	Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа
7	1.7. Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны	2	Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны
8	1.8. Диаграмма состояния «Железо-цементит»	2	Диаграмма состояния «Железо-цементит»
9	2.1. Физические свойства металлов и сплавов	2	Физические свойства металлов и сплавов
10	2.2. Теплофизические свойства металлов и сплавов	2	Теплофизические свойства металлов и сплавов
11	2.3. Электрические и термоэлектрические свойства металлов	2	Электрические и термоэлектрические свойства металлов
12	2.4. Механические свойства металлов при статических испытаниях	2	Механические свойства металлов при статических испытаниях
13	2.5. Физическая природа	2	Физическая природа разрушения металлов и сплавов

	разрушения металлов и сплавов		
14	2.6. Усталость и выносливость металлов и сплавов	2	Усталость и выносливость металлов и сплавов
15	2.7. Жаропрочность металлов и сплавов	2	Жаропрочность металлов и сплавов
16	2.8. Твердость металлов	2	Твердость металлов
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	

### 3.2. Содержание лекций.

#### 1.1.1. Введение (АЗ: 2, СРС: 0)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Металлические материалы как фундамент цивилизации. Влияние новейших достижений научно-технического прогресса на различные отрасли металлургии. Требования к качеству и расширение сортамента изделий. Прогрессивные методы получения и обработки металлов.

#### 1.2.1. Теория чистых металлов (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Классификация металлов. Строение и свойства чистых металлов. Кристаллическое строение металлов. Изотропия и анизотропия тел. Дефекты кристаллического строения. Полиморфизм металлов.

#### 1.3.1. Кристаллизация металлов (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Энергетические условия процесса кристаллизации. Законы кристаллизации. Механизм процесса кристаллизации: теория Чернова Д.К., атомный механизм формирования кристаллов. Дендритные кристаллы. Строение реального слитка. Модифицирование расплавов.

#### 1.4.1. Теория металлических сплавов (АЗ: 2, СРС: 2)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Общие сведения о сплавах. Правила фаз Гиббса (понятия о компонентах, фазах). Виды взаимодействия между компонентами: твёрдые растворы, химические соединения, механические смеси.

### **1.5.1. Диаграммы состояния (ДС) и структура двойных сплавов (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Общие понятия. Правила отрезков. ДС системы, в которой два металла образуют непрерывный ряд твёрдых растворов. ДС эвтектического типа. Классификация этих сплавов. Кристаллизация различных сплавов. Кривые охлаждения и схемы структур.

### **1.6.1. Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** ДС сплавов с перитектическим превращением, химическим соединением и полиморфным превращением. Диаграммы «Состав-свойства» металлических систем. Закон Н.С.Курнакова.

### **1.7.1. Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Физико-химические свойства железа и углерода. Полиморфизм. Виды взаимодействия железа с углеродом: аустенит, феррит, цементит, механические смеси (перлит, ледебурит).

### **1.8.1. Диаграмма состояния «Железо-цементит» (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Характерные линии и точки диаграммы состояния, неинвариантные превращения, кривые охлаждения и схемы структур различных сплавов. Классификация железоуглеродистых сплавов: 1) по структуре; 2) по назначению; 3) по способу производства.

### **2.1.1. Физические свойства металлов и сплавов (АЗ: 2, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Плотность и сжимаемость металлов. Магнитные свойства металлов: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Влияние легирования, наклепа, полиморфного превращения и термической обработки на эти свойства.

### **2.2.1. Теплофизические свойства металлов и сплавов (АЗ: 2, СРС: 2)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Тепловое расширение металлов. Природа теплового расширения металлов. Закон Грюнайзена. Теплопроводность металлов и сплавов. Температуропроводность. Закон Видемана-Франца. Влияние технологических факторов на эти свойства металлов.

### **2.3.1. Электрические и термоэлектрические свойства металлов (АЗ: 2, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Электропроводность и электросопротивление. Закон Матиссена. Влияние легирования, наклепа и термообработки на электросопротивление. Термоэлектрические свойства металлов и сплавов. Эффекты Зеебека, Пельтье и Томсона. ТЭДС однофазных и двухфазных сплавов.

### **2.4.1. Механические свойства металлов при статических испытаниях (АЗ: 2, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Механизмы пластической деформации металлов. Прочностные и пластические свойства при испытаниях на растяжение, сжатие, изгиб.

### **2.5.1. Физическая природа разрушения металлов и сплавов (АЗ: 2, СРС: 6)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Механизмы зарождения и развития трещин. Вязкое и хрупкое разрушение. Хладноломкость. Замедленное разрушение.

### **2.6.1. Усталость и выносливость металлов и сплавов (АЗ: 2, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Природа усталостного разрушения. Методы испытания и разновидности циклов напряжений. Малоцикловая и многоцикловая усталость. Диаграмма усталостного разрушения. Особенности усталостного излома.

### **2.7.1. Жаропрочность металлов и сплавов (АЗ: 2, СРС: 4)**

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Явление ползучести. Физическая природа ползучести. Диаграмма ползучести. Виды ползучести. Длительная прочность и долговечность. Методы испытания.

### 2.8.1. Твердость металлов (АЗ: 2, СРС: 4)

**Тип лекции:** Информационная лекция

**Форма организации:** Лекция

**Описание:** Физический смысл твердости. Классификация методов испытания твердости. Твердость по Бринеллю, твердость по Виккерсу, твердость по Роквеллу, микротвердость. Взаимосвязь между значениями твердости, полученными различными методами испытания твердости.

### 3.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Тема практического занятия
1	1.5. Диаграммы состояния (ДС) и структура двойных сплавов	4	Двойная диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов
2	1.6. Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	4	Двойные диаграммы состояния сплавов с эвтектическим и перитектическим превращением
3	1.6. Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	4	Двойные диаграммы состояния сплавов с химическим соединением
4	1.6. Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	4	Двойные диаграммы состояния сплавов с полиморфным превращением одного и обоих компонентов
5	2.4. Механические свойства металлов при статических испытаниях	6	Первичная статистическая обработка результатов механических испытаний с помощью программы "STADIA 6.2"
6	2.6. Усталость и выносливость металлов и сплавов	6	Расчетно-экспериментальная оценка характеристик сопротивления усталости
7	2.8. Твердость металлов	4	Определение твердости стали по сечению прутка.
<b>Итого:</b>		<b>32</b>	

### 3.4. Содержание практических занятий

**1.5.1. Двойная диаграмма состояния сплавов с неограниченной растворимостью компонентов (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.6.1. Двойные диаграммы состояния сплавов с эвтектическим и перитектическим превращением (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.6.2. Двойные диаграммы состояния сплавов с химическим соединением (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**1.6.3. Двойные диаграммы состояния сплавов с полиморфным превращением одного и обоих компонентов (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.4.1. Первичная статистическая обработка результатов механических испытаний с помощью программы "STADIA 6.2" (АЗ: 6, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.6.1. Расчетно-экспериментальная оценка характеристик сопротивления усталости (АЗ: 6, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**2.8.1. Определение твердости стали по сечению прутка. (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Практическое занятие

**3.5.Лабораторные работы**

№ п/п	Раздел дисциплины	Наименование лабораторной работы	Наименование лаборатории	Объем, часов
1	1.3.Кристаллизация металлов	Кристаллизация	Материаловедение и термическая обработка	4
2	1.7.Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны	Микроструктура железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии		4
3	2.1.Физические свойства металлов и сплавов	Определение плотности металлов		4
4	2.4.Механические свойства металлов при статических испытаниях	Определение прочностных и пластических характеристик металлов и сплавов		4
<b>Итого:</b>				16

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

#### **1.3.1. Кристаллизация (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **1.7.1. Микроструктура железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **2.1.1. Определение плотности металлов (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

#### **2.4.1. Определение прочностных и пластических характеристик металлов и сплавов (АЗ: 4, СРС: 0)**

**Форма организации:** Лабораторная работа

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

#### **3.8.Промежуточная аттестация**

**1.**

**Прикрепленные файлы:** Зачет (4 семестр).doc

**2.**

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (5 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	ПКО-1	Способен обоснованно использовать знания об основных видах материалов и их свойств после различных режимов обработки	Знать физические и математические модели гомогенных и гетерогенных процессов Уметь решать задачи по химической термодинамике и поверхностным явлениям Владеть навыком решения инженерных задач в области физической химии Знать строение и свойства металлических конструкционных материалов Знать сущности процессов, происходящих при производстве и обработке конструкционных материалов Семестры - 4, 5
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий	Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных Семестры - 4, 5
3	ПКР-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Знать электронное строение металлов, типы атомных связей и свойства твердых тел Семестры - 4, 5

### Комплект типовых индивидуальных заданий

№ п/п	Раздел дисциплины	Объем, часов	Наименование типового задания
1	Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	18	Реальные двойные диаграммы состояния металлических систем
Итого:		18	

#### Содержание типовых заданий

##### 1.6.1. Реальные двойные диаграммы состояния металлических систем(СРС: 18)

**Тематика:** Диаграммы состояния и структура двойных сплавов.

Диаграммы состояния и структура сплавов различного типа.

**Тип:** Реферат

**Прикрепленные файлы:** Реальные двойные диаграммы состояния металлических систем.doc

### Вопросы к промежуточной аттестации

#### «Физическое металловедение»

##### 1. Зачет (4 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Зачет (4 семестр).doc

##### 2. Экзамен (5 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (5 семестр).doc

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

а)основная литература:

1. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология материалов: учебник /Г.П. Фетисов, Ф.А. Гарифуллин. - М: ИНФРА-М, 2014. - 397 с.
2. Колачев, Б.А. Физическое материаловедение /Б.А. Колачев, А.А. Ильин, Ю.Б. Егорова – М.: ИЦ МАТИ, 2007. - 457с.
3. Адаскин, А.М. Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров /А.М.Адаскин, Ю.Е. Седов, А.К. Онегина, В.Н. Климов. - М.: Издательство Юрайт, 2013. - 463 с.
4. Лившиц, Б.Г. Физические свойства металлов / Б.Г. Лившиц и [др.] – М.: Металлургия, 1980. - 320с.
5. Золотаревский, В.С. Механические свойства металлов. – М.: МИСИС, 1998. - 400с.

б)дополнительная литература:

1. Арзамасов, В.Н. Материаловедение / В.Н. Арзамасов и [др.] – М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 648с.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – М.: Машиностроение, 1990. - 528с.
3. Мальков, А.В. Кристаллизация (методические указания к лабораторной работе)/ А.В. Мальков, И.Д. Низкин. – М.: ИЦ МАТИ, 2006. - 14с.
4. Шевченко, В.В.Микроструктура железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии (методические указания к лабораторной работе)/ В.В. Шевченко В.В., И.Д. Низкин. – М.: ИЦ МАТИ, 2006. – 30с.
5. Мальков, А.В. Физические свойства металлов: лабораторный практикум / А.В. Мальков, И.Д. Низкин. – М.: ИЦ МАТИ, 2005. – 40с.
6. Мамонова, Ф.С.Механические испытания на растяжение. Определение прочностных и пластических характеристик (методические указания к лабораторной работе) / Ф.С. Мамонова, Ю.Б. Егорова, А.В. Драницин. – М.: ИЦ МАТИ, 2006. – 23с.
7. Егорова, Ю.Б. Первичная статистическая обработка результатов механических испытаний в программе STADIA (методические указания к практическому занятию) / Ю.Б. Егорова, Ф.С. Мамонова, А.В. Драницин. – М.: ИЦ МАТИ, 2006. – 15с.
8. Драницин, А.В. Диаграммы состояния двойных металлических систем (методические указания к практическому занятию). – М.: МАТИ, 2013. – 30с.
9. Драницин, А.В. Расчетно-экспериментальная оценка характеристик сопротивления усталости (методические указания к практическому занятию). – М.: МАТИ, 2013. – 21с.

## 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 "Рукопт"</b>	
ООО "Национальный цифровой ресурс "Рукопт".	<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.elsevier.com/locate/science-direct">http://www.elsevier.com/locate/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 осознано 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: Microsoft Windows, Microsoft Office, Kaspersky Security

## **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, стендом: "Диаграмма состояния железо-цементит".

### **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 Физическое металловедение 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: ПКО-1, ПКР-9, ПКР-6.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с: теорией чистых металлов, теорией процесса кристаллизации металлов и строением металлического слитка, теорией двойных диаграмм состояния металлических систем, анализом диаграммы состояния "железцо-цементит" и микроструктуры сталей и белых чугунов, теоретическим рассмотрением основных физических и механических свойств металлических материалов, наиболее распространенными на практике методами определения физико-механических свойств металлов и сплавов, физическими основами разрушения металлов и сплавов, теорией чистых металлов, теорией процесса кристаллизации металлов и строением металлического слитка, теорией двойных диаграмм состояния металлических систем, анализом диаграммы состояния "железцо-цементит" и микроструктуры сталей и белых чугунов, теоретическим рассмотрением основных физических и механических свойств металлических материалов, наиболее распространенными на практике методами определения физико-механических свойств металлов и сплавов, физическими основами разрушения металлов и сплавов.

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

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: промежуточная аттестация в форме Зачет (4 семестр), Экзамен (5 семестр).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (32 часов), практические (32 часов), лабораторные (16 часов) занятия и (64 часов) самостоятельной работы студента. Цель преподавания дисциплины сводится к обучению студентов в области теоретических основ строения и специфических физико-механических свойств металлов, наиболее распространенных методов механических испытаний и исследований физических свойств металлических материалов, поведения металлов в различных условиях внешних и эксплуатационных воздействий. Для достижения поставленной цели при изучении дисциплины решается задача надления студентов точными теоретическими знаниями и практическими навыками по прикладным проблемам, устанавливающим связь между составом и строением металлических материалов и их свойствами, а также подготовить студентов к решению важнейших технических металловедческих задач.

## Прикрепленные файлы

Зачет (4 семестр).doc

### Промежуточная аттестация №1

Зачет (4 семестр)

**Семестр: 4**

**Вид контроля: Зч**

**Вопросы:**

1. Классификация металлов. Строение и свойства чистых металлов.
2. Кристаллическое строение металлов. Изотропия и анизотропия тел.
3. Дефекты кристаллического строения.
4. Полиморфизм металлов.
5. Энергетические условия процесса кристаллизации. Законы кристаллизации.
6. Строение реального слитка. Модифицирование расплавов.
7. Общие сведения о сплавах. Правила фаз Гиббса.
8. Виды взаимодействия между компонентами: твёрдые растворы, химические соединения, механические смеси.
9. Диаграммы состояния. Общие понятия. Правила отрезков.
10. Двойные ДС системы, с неограниченной растворимостью компонентов.
11. ДС эвтектического типа. Классификация этих сплавов.
12. Кристаллизация различных сплавов. Кривые охлаждения и схемы структур.
13. ДС сплавов с перитектическим превращением.
14. ДС сплавов химическим соединением и полиморфным превращением.
15. Диаграммы «Состав-свойства» металлических систем. Законы Н.С.Курнакова.
16. Физико-химические свойства железа и углерода.
17. Полиморфизм железа.
18. Взаимодействие железа с углеродом: аустенит, феррит, цементит, механические смеси (перлит, ледебурит).
19. Значение линий и точек диаграммы состояния, невариантные превращения.
20. Кривые охлаждения и схемы структур различных железных сплавов.
21. Классификация железоуглеродистых сплавов: 1) по структуре; 2) по назначению; 3) по способу производства.

## Промежуточная аттестация №2

### Экзамен (5 семестр)

**Семестр: 5**

**Вид контроля: Э**

**Вопросы:**

1. Плотность и сжимаемость металлов.
2. Магнитные свойства металлов: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.
3. Влияние легирования, наклепа, полиморфного превращения и термической обработки на эти свойства.
4. Тепловое расширение металлов. Природа теплового расширения металлов.
5. Закон Грюнайзена. Теплопроводность металлов и сплавов.
6. Температуропроводность металлов.
7. Закон Видемана-Франца.
8. Влияние технологических факторов на теплофизические свойства металлов.
9. Электропроводность и электросопротивление.
10. Закон Матиссена.
11. Влияние легирования, наклепа и термообработки на электросопротивление.
12. Термоэлектрические свойства металлов и сплавов. Эффект Зеебека.
13. Термоэлектрические свойства металлов и сплавов. Эффект Пельтье.
14. Термоэлектрические свойства металлов и сплавов. Эффект Томсона.
15. ТЭДС однофазных и двухфазных сплавов.
16. Механизмы пластической деформации металлов.
17. Прочностные и пластические свойства при испытаниях на растяжение.
18. Испытания на сжатие и изгиб.
19. Механизмы зарождения и развития трещин.
20. Вязкое и хрупкое разрушение.
21. Хладноломкость.
22. Замедленное разрушение.
23. Природа усталостного разрушения.
24. Методы испытания и разновидности циклов напряжений.
25. Малоцикловая и многоцикловая усталость.
26. Диаграмма усталостного разрушения. Особенности усталостного излома.
27. Явление ползучести. Физическая природа ползучести.
28. Диаграмма ползучести. Виды ползучести.
29. Длительная прочность и долговечность. Методы испытания.
30. Физический смысл твердости. Классификация видов твердости.
31. Твердость по Бринеллю, твердость по Виккерсу, твердость по Роквеллу, микро-твердость.
32. Взаимосвязь между различными видами твердости.

Раздел №1 Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного  
типа

Типовое задание №1 Реальные двойные диаграммы состояния  
металлических систем

**Тип:** Реферат

**Трудоемкость(объем часов):** 28

**Тематика:** Диаграммы состояния и структура двойных сплавов.

Диаграммы состояния и структура сплавов различного типа.

**Типовые варианты:**

1. Диаграмма состояния Al – Fe. Сплавы на основе системы Al – Fe.
2. Диаграмма состояния Al – Si. Литейные алюминиевые сплавы на основе системы Al – Si.
3. Диаграмма состояния Al – Mn. Деформируемые сплавы на основе системы Al – Mn.
4. Диаграмма состояния Al – Mg. Деформируемые сплавы на основе системы Al – Mg.
5. Диаграмма состояния Al – Cu. Дуралюмины.
6. Диаграмма состояния Al – Li. Алюминиево-литиевые сплавы.
7. Диаграмма состояния Al – Mg. Литейные алюминиевые сплавы на основе системы Al – Mg.
8. Диаграмма состояния Al – Cu. Литейные алюминиевые сплавы на основе системы Al – Cu.
9. Диаграмма состояния Al – Be. Сплавы на основе бериллия.
10. Диаграмма состояния Ti – Al. Сплавы на основе алюминидов титана.
11. Диаграмма состояния Ti – H<sub>2</sub>. Влияние водорода на свойства титана и его сплавов.
12. Диаграмма состояния Ti – Al. Деформируемые α-сплавы титана.
13. Диаграмма состояния Ti – Al. Деформируемые псевдо-α-сплавы титана.
14. Диаграмма состояния Ti – Mo. Деформируемые β-сплавы титана.
15. Диаграмма состояния Cu – Zn. Латунь.
16. Диаграмма состояния Cu – Sn. Оловянные бронзы.
17. Диаграмма состояния Cu – Al. Алюминиевые бронзы.
18. Диаграмма состояния Cu – Be. Бериллиевые бронзы.
19. Диаграмма состояния Cu – Cu<sub>2</sub>O. Влияние примесей на структуру и свойства меди.
20. Диаграмма состояния Cu – Ni. Медноникелевые сплавы.
21. Диаграмма состояния Ni – Cr. Нихромы и ферронихромы.
22. Диаграмма состояния Ni – Cr. Жаростойкие никелевые сплавы.
23. Диаграмма состояния Ni – Al. Деформируемые жаропрочные никелевые сплавы.
24. Диаграмма состояния Ni – Al. Литейные жаропрочные никелевые сплавы.
25. Диаграмма состояния системы Mo – O<sub>2</sub>. Хладноломкость тугоплавких металлов.