

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.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (000236565)**

Физическое металловедение

(указывается наименование дисциплины по учебному плану)

Направление подготовки	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
4	2	72	16	16	8	32	0	Зч
5	3	108	16	16	8	32	36	Э
Итого	5	180	32	32	16	64	36	

Москва  
2025

# 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:

Габидуллин Э.Р.

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 Физическое металловедение является достижение следующих результатов освоения(РО):

N	Шифр	Результат обучения
1	В-1(ПКР-9.3)	Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных
2	В-2(ПКР-6.4)	Владеть навыком по установлению причин отклонений результирующих эксплуатационных свойств от заданных параметров, на основе изучения диффузионных процессов
3	З-1(ПКР-6.4)	Знать параметры, влияющие на диффузию в твердых, жидких и газообразных телах
4	З-1(ПКР-9.3)	Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки
5	З-2(ПКР-6.4)	Знать электронное строение металлов, типы атомных связей и свойства твердых тел
6	У-1(ПКР-9.3)	Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований
7	У-2(ПКР-6.4)	Уметь анализировать взаимодействие различных компонентов с учетом термодинамики этих процессов

Перечисленные РО являются основой для формирования следующих компетенций:

N	Шифр	Компетенция
1	ПКР-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий

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-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

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

## 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость практики 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 термоэлектрические свойства металлов	2	0	0	4	6	
	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 разрушения металлов и сплавов	2	Физическая природа 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	Наименование 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	Объем часов	Наименование лабораторной работы
1	1.3.Кристаллизация металлов	4	Кристаллизация
2	1.7.Железоуглеродистые сплавы — стали и чугуны	4	Микроструктура железоуглеродистых сплавов в равновесном состоянии
3	2.1.Физические свойства металлов и сплавов	4	Определение плотности металлов
4	2.4.Механические свойства металлов при статических испытаниях	4	Определение прочностных и пластических характеристик металлов и сплавов
<b>Итого:</b>		<b>16</b>	

**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. Зачет (4 семестр)**

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

## 2. Экзамен (5 семестр)

**Прикрепленные файлы:** Экзамен (5 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-6	Способен к разработке, сопровождению и интеграции типовых технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов	Владеть навыком по установлению причин отклонений результирующих эксплуатационных свойств от заданных параметров, на основе изучения диффузионных процессов Знать параметры, влияющие на диффузию в твердых, жидких и газообразных телах Знать электронное строение металлов, типы атомных связей и свойства твердых тел Уметь анализировать взаимодействие различных компонентов с учетом термодинамики этих процессов Семестры - 4, 5
2	ПКР-9	Способен участвовать в проведении исследований и разработок новых процессов получения и обработки материалов и изделий	Владеть техникой проведения экспериментов и статистической обработки данных Знать методики проведения испытаний материалов и процессов их обработки Уметь использовать методы определения качественных и количественных характеристик испытаний и исследований Семестры - 4, 5

#### Комплект типовых индивидуальных заданий

N	Раздел дисциплины	Объем, часов	Наименование типового задания
1	Диаграммы состояния (ДС) и структура сплавов различного типа	18	Реальные двойные диаграммы состояния металлических систем
<b>Итого:</b>		<b>18</b>	

## **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.pdf

## **Вопросы к промежуточной аттестации**

"Физическое материаловедение"

### **1. Зачет (4 семестр)**

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

### **2. Экзамен (5 семестр)**

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

## **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>	
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	e.lanbook.com
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>
<b>ФГБУ "РГБ"</b>	
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>
<b>НП НЭИКОН</b>	
Соглашение № 715 ДС-2011 от 16.05.2011 о сотрудничестве в Консорциуме НЭИКОН С «16» 05.2011 г с автоматическим продлением 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>	<a href="http://archive.neicon.ru">http://archive.neicon.ru</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>



<p>Математическая база данных zbMATH:  <a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a></p> <p>American Chemical Society (ACS)-  <a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a></p> <p>American Institute of Physics (AIP)-  <a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a></p> <p>American Physical Society- <a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a></p> <p>EBSCO Publishing (База CASC)-  <a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a></p> <p>Cambridge University Press (CUP)-  <a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a></p> <p>IEL издательства IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers , Inc.)- <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p>INSPEC компании EBSCO- INSPEC</p> <p>Institute of Physics (IOP) издательства IOP Publishing-  <a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a></p> <p>MathSciNet American Mathematical Society-  <a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a></p> <p>Optical Society of America (OSA)-  <a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a></p> <p>Oxford University Press-  <a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a></p> <p>ProQuest Dissertations &amp; Theses Global-  <a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</a></p> <p>ORBIT Intelligence - база данных QUESTEL-  <a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a></p> <p>SAGE Publication- <a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a></p> <p>Annual Reviews Science Collection (AR)-  <a href="https://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a></p> <p>JSTOR- <a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a></p> <p>Wiley. John Wiley &amp; Sons.-  <a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a></p> <p><b>Национальная подписка на 2022 г с РФФИ Государственного задания</b></p>	<p><a href="http://zbMATH.org">http://zbMATH.org</a></p> <p><a href="https://www.acs.org/content/acs/en.html">https://www.acs.org/content/acs/en.html</a></p> <p><a href="https://www.scitation.org/">https://www.scitation.org/</a></p> <p><a href="https://journals.aps.org/about">https://journals.aps.org/about</a></p> <p><a href="http://search.ebscohost.com">http://search.ebscohost.com</a></p> <p><a href="https://www.cambridge.org/core">https://www.cambridge.org/core</a></p> <p><a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p> <p><a href="https://iopscience.iop.org/">https://iopscience.iop.org/</a></p> <p><a href="https://www.ams.org/home/page">https://www.ams.org/home/page</a></p> <p><a href="https://www.osapublishing.org/about.cfm">https://www.osapublishing.org/about.cfm</a></p> <p><a href="https://academic.oup.com/journals/">https://academic.oup.com/journals/</a></p> <p><a href="https://search.proquest.com/index">https://search.proquest.com/index</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://www.annualreviews.org">https://www.annualreviews.org</a></p> <p><a href="http://www.jstor.org">www.jstor.org</a></p> <p><a href="https://onlinelibrary.wiley.com">https://onlinelibrary.wiley.com</a></p>
<p><b>Springer Nature:</b></p> <p>1. eBoock Collection: журналы, книги -  <a href="https://link.springer.com">https://link.springer.com</a></p> <p>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</b>   (CD Edition) Electronic Publishing House Co., Ltd: <a href="https://ar.cnki.net/ACADREF">https://ar.cnki.net/ACADREF</a></p> <p><b>Institute of Electrical and Electronics Engineers:</b></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/">https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/</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://ieeexplore.ieee.org/home.jsp">home.jsp</a>;  <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a></p>

<b>EBSCO.</b>	<a href="https://www.search.ebscohost.com/">https://www.search.ebscohost.com/</a>	<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		
<b>ORBIT Intelligence</b>	- база данных QUESTEL:	<a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a>
<a href="https://www.orbit.com/">https://www.orbit.com/</a>		
<b>SAGE</b>	<a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a>	<a href="https://journals.sagepub.com/">https://journals.sagepub.com/</a>
<b>Publication:</b>		
<b>Wiley:</b>	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</a>	<a href="https://onlinelibrary.wiley.com/">https://onlinelibrary.wiley.com/</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:***

Microsoft Windows, Microsoft Office, Kaspersky Security

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

комплект учебной мебели для обучающихся и преподавателей;  
Тематические стенды;  
доска аудиторная ;  
Переносной комплект мультимедийного оборудования (нетбук ASUS, проектор BenQ PB7200);  
проекционный экран;  
Весы аналитические «АДВ-200М»;  
Печь «СНОЛ»;  
Инструментальный микроскоп «БМИ-1»;  
печь лабораторная ПЛ 20/12,5;  
шкаф сушильный ;  
Микроскоп «Neophot»;  
печь электрического сопротивления ;  
Твердомер «ТР 5006»;  
Твердомер;  
Спектрограф «ИСП-51»;  
Микроскоп «МИМ-7»;  
Полировщик «Neris»;  
Полировальная машина «МР-2В»;  
Шкаф вытяжной «Ш2ВНЖ»;  
вольтметр

### **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 "Московского авиационный институт (национальный исследовательский университет)" кафедрой (кафедрами) .

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций: ПКР-6, ПКР-9.

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.