

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 27.10.2023 15:15:01

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Фазовые равновесия и дефекты структуры

Закреплена за подразделением

Кафедра физического материаловедения

Направление подготовки

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ

Профиль

Квалификация

**Инженер-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**9 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

324

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 5, 6

аудиторные занятия

136

самостоятельная работа

116

часов на контроль

72

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		6 (3.2)		Итого	
	УП	РП	УП	РП		
Неделя	19		18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	34	34	34	34	68	68
Лабораторные	34	34	34	34	68	68
Итого ауд.	68	68	68	68	136	136
Контактная работа	68	68	68	68	136	136
Сам. работа	76	76	40	40	116	116
Часы на контроль	36	36	36	36	72	72
Итого	180	180	144	144	324	324

Программу составил(и):  
*кфмн, доцент, Введенский В.Ю.*

Рабочая программа

**Фазовые равновесия и дефекты структуры**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ (приказ от 28.06.2023 г. № 292 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, 22.03.01-БМТМ-23\_6-ПП.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

22.03.01 МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МАТЕРИАЛОВ, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра физического материаловедения**

Протокол от 29.06.2023 г., №11-06

Руководитель подразделения Савченко А.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Сформировать компетенции, предусмотренные учебным планом, сформировать знания и навыки по фазовым равновесиям и процессам формирования структуры и свойств материалов.
1.2	Задачи дисциплины - научить:
1.3	- устанавливать связи между химическим и фазовым составом, фазовыми превращениями и микро- и макроструктурой материалов, определяющей их свойства;
1.4	- использовать закономерности процессов структурных и фазовых превращений с использованием диаграмм фазового равновесия реальных систем для анализа структурообразования материалов и формирования их свойств;
1.5	- использовать представления об отклонениях от фазового равновесия для анализа структуры и свойств в различных материалах;
1.6	- анализу структурообразования в процессе механической и термической обработки сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Кристаллография	
2.1.2	Электротехника	
2.1.3	Безопасность жизнедеятельности	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Атомное строение фаз	
2.2.2	Биохимия наноматериалов	
2.2.3	Инженерия поверхности	
2.2.4	Металловедение и термическая обработка металлов	
2.2.5	Методы исследования структур и материалов. Часть 1	
2.2.6	Методы исследования физических свойств полупроводниковых структур	
2.2.7	Наноматериалы	
2.2.8	Научно-исследовательская работа	
2.2.9	Научно-исследовательская работа	
2.2.10	Научно-исследовательская работа	
2.2.11	Научно-исследовательская работа	
2.2.12	Сверхтвердые материалы	
2.2.13	Технологии материалов с особыми физическими свойствами	
2.2.14	Фазовые и структурные изменения при формировании материалов и эпитаксиальных структур	
2.2.15	Физика магнитных явлений	
2.2.16	Физика полупроводниковых приборов	
2.2.17	Физика прочности	
2.2.18	Физика прочности и механические свойства материалов	
2.2.19	Физико-химия металлов и неметаллических материалов	
2.2.20	Физические основы деформации и разрушения	
2.2.21	Атомная и электронная структура поверхности и межфазных границ	
2.2.22	Композиционные материалы	
2.2.23	Конструирование композиционных материалов	
2.2.24	Методы исследования структур и материалов. Часть 2	
2.2.25	Поверхностное модифицирование материалов и защитные покрытия	
2.2.26	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.27	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.28	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.29	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.30	Специальные сплавы	
2.2.31	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 1. Магнитно-мягкие сплавы	
2.2.32	Физическое материаловедение сплавов с особыми магнитными свойствами, часть 2. Магнитно-твердые сплавы	
2.2.33	Аморфные, микро- и нанокристаллические материалы	

2.2.34	Биофизика
2.2.35	Высокотемпературная совместимость материалов
2.2.36	Высокотемпературные и сверхтвердые функциональные и конструкционные материалы
2.2.37	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве
2.2.38	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.39	Методы исследования характеристик и свойств материалов
2.2.40	Методы электронной микроскопии для материалов твердотельной электроники
2.2.41	Метрология и испытания функциональных материалов
2.2.42	Мониторинг технологий
2.2.43	Основы биоорганической химии
2.2.44	Основы моделирования на атомном уровне
2.2.45	Основы научно-технического перевода
2.2.46	Практика научно-технического перевода и редактирования
2.2.47	Решение профессиональных задач с помощью языка программирования
2.2.48	Структурные методы исследования наноматериалов
2.2.49	Тензорные методы в кристаллофизике
2.2.50	Технология получения кристаллов
2.2.51	Физические основы магнетизма и процессы перемагничивания материалов
2.2.52	Физические свойства приповерхностных слоев и методы их исследований
2.2.53	Функциональные наноматериалы
2.2.54	Химические способы получения наноматериалов
2.2.55	Химия и технология полимерных материалов
2.2.56	Биоорганическая химия
2.2.57	Высокотемпературные керамические материалы
2.2.58	Жаропрочные и радиационно-стойкие материалы
2.2.59	Квантовая теория твердого тела
2.2.60	Математическое и компьютерное моделирование материалов и процессов электроники
2.2.61	Методы исследования макро- и микроструктуры материалов
2.2.62	Методы непараметрической статистики
2.2.63	Некоторые главы кристаллохимии
2.2.64	Объемные наноматериалы
2.2.65	Процессы получения и обработки сверхтвердых материалов
2.2.66	Структура и технологичность сплавов
2.2.67	Физико-химия эволюции твердого вещества
2.2.68	Ядерно-спектроскопические и синхротронные методы исследований
2.2.69	Аттестация и испытания высокотемпературных и сверхтвердых материалов
2.2.70	Аттестация и сертификация изделий электронной техники
2.2.71	Компьютерные и информационные технологии в науке и производстве функциональных материалов
2.2.72	Материаловедение и технологии перспективных материалов
2.2.73	Материалы и элементы спинтроники и спинволновой оптики
2.2.74	Менеджмент качества
2.2.75	Металлические материалы для крупных транспортных систем
2.2.76	Металловедение высокопрочных сплавов
2.2.77	Методология и практика определения размерных характеристик материалов
2.2.78	Методология научных исследований
2.2.79	Оптические явления в кристаллах. Часть 2
2.2.80	Основы клеточной биологии
2.2.81	Оформление результатов научной деятельности
2.2.82	Практическое применение теории функционала электронной плотности
2.2.83	Симметрия наносистем
2.2.84	Современные компьютерные технологии в структурном анализе
2.2.85	Спектроскопические и зондовые методы
2.2.86	Термомеханическая обработка металлов и сплавов

2.2.87	Управление коллективами
2.2.88	Управление проектами
2.2.89	Химические основы биологических процессов
2.2.90	Цифровое материаловедение
2.2.91	Нормы и правила оформления ВКР
2.2.92	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.93	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.94	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.95	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.96	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.97	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.98	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.99	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Знать:**

ПК-3-31 основные воздействующие факторы при технологических процессах, определяющие химический состав, структуру и свойства материалов

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Знать:**

ПК-1-31 принципы выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом различных требований в области материаловедения и технологии материалов.

**ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии**

**Знать:**

ОПК-6-31 принципы использования теории фазовых равновесий, фазовых и структурных превращений для решения типовых материаловедческих задач, в том числе для анализа процессов структурообразования и формирования свойств при разработке материалов и технологических способов их производства и обработки.

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Уметь:**

ПК-3-У1 выявлять воздействия, управление которыми при проектировании технологического процесса позволяет формировать оптимальную структуру и свойства материалов.

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

**Уметь:**

ПК-1-У1 применять принципы выбора материалов для различных заданных условий эксплуатации с учетом комплекса требований технологичности, экологичности, экономичности, надежности и долговечности.

**ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии**

**Уметь:**

ОПК-6-У1 находить и использовать при решении материаловедческих и технологических задач связь между химическим и фазовым составом материалов, их структурой, дефектами структуры и свойствами.

**ПК-3: Способен участвовать в разработке инновационных технологических процессов в области материаловедения и технологии материалов**

**Владеть:**

ПК-3-В1 навыком анализа факторов, использование которых в технологическом процессе может позволить варьировать химический и фазовый состав материала, его структуру и дефектность для управления свойствами.

**ПК-1: Способен к поиску новых направлений научных исследований и синтезу знаний в области материаловедения и технологии материалов, способен оформлять технические задания и отчетные материалы по планируемым и проведенным исследованиям**

<b>Владеть:</b>
ПК-1-В1 навыком обоснования выбора материалов для заданных условий эксплуатации, а также способов производства и обработки современных материалов при проектировании высокотехнологичных процессов
<b>ОПК-6: Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-6-В1 навыком теоретического и экспериментального анализа фазовых и структурных превращений и их влияния на свойства материалов при решении инженерных задач.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. 1 Атомная структура фаз и дефекты</b>							
1.1	Предмет и задачи материаловедения. Виды структуры в твердом теле: атомная структура, субструктура, микро- и макроструктура. Дефекты кристаллического строения. Классификация дефектов. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-1-31 ПК-3-У1 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.6			
1.2	Точечные дефекты; вакансии и межузельные атомы. Равновесная и неравновесная концентрация точечных дефектов. Рождение, миграция и сток вакансий. Связь точечных дефектов с диффузией. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.1Л2.2			
1.3	Дислокации. Вектор Бюргера. Плотность дислокаций. Краевая, винтовая и смешанная дислокации. Поле напряжений и энергия дислокаций. Взаимодействие дислокаций. Скольжение и переползание дислокаций. Образование и размножение дислокаций. Источник Франка-Рида. Атмосфера Коттрелла. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.1Л2.2 Э1			
1.4	Двумерные дефекты. Границы зерен и субзерен. Собирательная рекристаллизация (нормальный рост зерна). Факторы, влияющие на миграцию границ зерен. Структурные изменения при пластической деформации. Линии и полосы скольжения. Волокнистая микроструктура. Наклеп. Текстура деформации. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.1Л2.2 Л2.3 Э2			

1.5	Изменения структуры и свойств при нагреве холоднодеформированного металла. Возврат (отдых, полигонизация). Первичная рекристаллизация. Правило Бочвара. Природа критической деформации. Диаграмма рекристаллизации. Рекристаллизационный отжиг. Горячая деформация. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Э3			
1.6	Граничные твердые растворы и промежуточные фазы. Твердые растворы замещения, внедрения и вычитания. Условия неограниченной растворимости в твердом состоянии. Типы промежуточных фаз. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-1-31 ПК-1-У1	Л1.1Л2.3			
1.7	Изучение металлографического микроскопа /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-В1	Л1.2			P1
1.8	Приготовление металлографического шлифа /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.2			P2
1.9	Методы количественной металлографии /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.2			P3
1.10	Изучение дефектов кристаллического строения с помощью светового микроскопа /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-В1 ОПК-6-У1	Л1.2			P4
1.11	Микроструктура и свойства холодно деформированного и рекристаллизованного металла /Лаб/	5	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P5
1.12	Изучение лекционных материалов по разделу 1 /Ср/	5	15	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.6			
1.13	Подготовка к лабораторным работам раздела 1 /Ср/	5	12	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			
	<b>Раздел 2. 2 Формирование структуры при фазовых превращениях одно- и двухкомпонентных материалов</b>							

2.1	Равновесие фаз в многокомпонентных системах. Правило фаз. Диаграммы состояния двойных систем с непрерывным рядом твердых растворов, с эвтектическими, перитектическими и монотектическими равновесиями, с конгруэнтно и неконгруэнтно плавящимися промежуточными фазами, с полиморфизмом компонентов. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3.1			
2.2	Связь вида диаграммы состояния с характером межатомного взаимодействия в сплаве. Энергия смешения. Идеальные, распадающиеся и упорядочивающиеся растворы. Использование геометрической термодинамики для анализа диаграмм состояния. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.6Л3.1			
2.3	Кристаллизация. Гомогенное зарождение кристаллов в расплаве. Критический размер зародыша. Скорость образования и скорость роста кристаллических зародышей. Кривые Таммана. Кинетика кристаллизации. Уравнение Колмогорова. Гетерогенное зарождение. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31	Л1.6Л2.3Л3.1 Э5			
2.4	Атомные механизмы роста кристаллов (непрерывный, ступенчатый, дислокационный). Влияние атомного строения границ раздела между кристаллом и жидкостью на механизм роста. Равновесная форма кристаллов. Принцип Гиббса-Кюри. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.3Л3.1			
2.5	Отклонения от равновесия при кристаллизации. Влияние скорости охлаждения на микроструктуру. Размер зерен. С-образная диаграмма кристаллизации. Критическая скорость охлаждения расплава. Аморфное состояние. Влияние градиента температуры расплава на форму кристаллов. Ячеистая и дендритная формы роста кристаллов. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л3.1 Э4			



2.6	Кристаллизация твердых растворов. Неравновесный солидус. Дендритная ликвация. Гомогенизационный отжиг. Ликвация по плотности. Концентрационное переохлаждение и его влияние на микроструктуру. Бездиффузионная кристаллизация. Структура слитка. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л3.1 Э4 Э5			
2.7	Эвтектическая кристаллизация двойных сплавов. Механизмы совместного роста, раздельного роста, повторного зарождения, обволакивания. Классификация эвтектик по морфологии и механизму превращения. Нормальная, аномальная, разделенная, вырожденная эвтектики. Квазиэвтектика. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3. 1 Э4			
2.8	Перитектическая кристаллизация двойных сплавов. Механизмы обволакивания и раздельного роста. Образование метастабильных фаз при кристаллизации. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.6Л3.1 Э4			
2.9	Полиморфные превращения. Диффузионный и мартенситный механизмы. Термодинамика и кинетика. Фазовая перекристаллизация. Принцип структурного и размерного соответствия. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л3.1 Э6			
2.10	Упорядочение твердых растворов и промежуточных фаз. Распад пересыщенных твердых растворов. Гомогенное и гетерогенное зарождение. Когерентные, частично когерентные и некогерентные выделения. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.6Л3.1			
2.11	Анализ первичной кристаллизации двойных сплавов с помощью диаграмм состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1	Л1.6Л2.1Л3. 1			Р6
2.12	Анализ эвтектического превращения с помощью диаграмм состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3. 1			Р7

2.13	Анализ перитектического превращения с помощью диаграмм состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3.1			Р8
2.14	Анализ полиморфного превращения с помощью диаграмм состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3.1			Р9
2.15	Микроструктура двойных сплавов с эвтектическим, перитектическим и монотектическим превращениями /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2Л3.1			Р10
2.16	Использование диаграмм фазового равновесия для изучения упорядочения твердых растворов и промежуточных фаз /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1Л3.1			Р11
2.17	Структурообразование двойных сплавов со сложными диаграммами состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л3.1		КМ1	Р12
2.18	Изучение лекционных материалов по разделу 2, подготовка к коллоквиуму по фазовым равновесиям и структурообразованию двойных сплавов /Ср/	5	5	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.6Л2.1 Л2.3Л3.1			
2.19	Подготовка домашнего задания по фазовым превращениям и структурообразованию двойных сплавов /Ср/	5	10	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.2Л3.1			Р31
2.20	Подготовка к лабораторным работам раздела 2 /Ср/	5	17	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.6Л3.1			
	<b>Раздел 3.3 Структурообразование в тройных сплавах</b>							
3.1	Методы построения и анализа диаграмм фазового равновесия тройных систем. Концентрационный треугольник. Правило центра тяжести. Первичная кристаллизация твердых растворов в тройных системах. Структурообразование тройных сплавов с двойными эвтектическими и перитектическими превращениями. Тройное эвтектическое превращение. /Лек/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.6Л2.1			

3.2	Анализ фазовых равновесий и превращений в тройных сплавах. Расчеты с помощью концентрационного треугольника. /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Э11 Э12			P13
3.3	Двойные эвтектические и перитектические превращения в тройных сплавах /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2Л2.1 Э11			P14
3.4	Тройное эвтектическое превращение в тройных сплавах /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Э11			P15
3.5	Микроструктура тройных сплавов со сложными диаграммами состояния /Лаб/	5	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Э11		КМ2	P16
3.6	Подготовка к лабораторным работам раздела 3 и коллоквиуму по фазовым равновесиям и структурообразованию тройных сплавов /Ср/	5	9	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.6Л2.1 Э11			
3.7	Подготовка домашнего задания по фазовым равновесиям и структурообразованию тройных сплавов /Ср/	5	8	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.4Л2.1 Э11			
	<b>Раздел 4. 4 Структурообразование сталей и чугунов</b>							
4.1	Стабильное и метастабильное равновесие в системе железо-углерод. Причины реализации метастабильного равновесия. Классификация сплавов на основе железа. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3			
4.2	Эвтектоидное превращение в сталях. Строение перлита. Сфероидизирующий отжиг. Нормализация. Диаграммы изотермических превращений. Термокинетические диаграммы. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3			

4.3	Эвтектическое превращение в белых, серых и половинчатых чугунах. Структурообразование в белых чугунах. Графитизирующий отжиг. Ковкие чугуны. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Э10			
4.4	Серые чугуны. Влияние скорости охлаждения и содержания углерода и кремния на микроструктуру чугунов. Высокопрочные чугуны. Чугуны с вермикулярным графитом. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3			
4.5	Мартенситное превращение в углеродистых сталях. Строение и свойства мартенсита. Фазовый наклеп. Полная и неполная закалка стали, влияние на свойства. Обработка холодом. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Э7			
4.6	Бейнитное превращение. Верхний и нижний бейнит. Изотермическая (бейнитная) закалка. Фазовые и структурные превращения при отпуске. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3			
4.7	Классификация легирующих элементов по влиянию на полиморфизм железа и склонность к карбидообразованию. Классификация легированных сталей по фазовому равновесию, по Гийе, по уровню легированности и по назначению. Термическая обработка, микроструктура. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3			
4.8	Строительные стали. Способы упрочнения путем легирования. Свариваемость. Холодные и горячие трещины. Литейные стали. Факторы, влияющие на жидкотекучесть. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.4			
4.9	Конструкционные легированные стали. Низколегированные стали повышенной прочности. Улучшаемые стали. Прокаливаемость. Высокопрочные стали. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.4			

4.10	Нержавеющие аустенитные и ферритные стали. Жаростойкие и жаропрочные стали. Инструментальные стали. Быстрорежущие стали. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.4			
4.11	Анализ формирования микроструктуры углеродистой стали с помощью метастабильной диаграммы Fe-C /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.3			P17
4.12	Формирование микроструктуры белых чугунов /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.3			P18
4.13	Формирование микроструктуры серых чугунов /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2 Л1.3			P19
4.14	Микроструктура отожженных углеродистых сталей /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P20
4.15	Микроструктура литых и горячедеформированных углеродистых сталей /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P21
4.16	Микроструктура белых, серых, ковких и высокопрочных чугунов /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P22
4.17	Распознавание микроструктур сталей и чугунов /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P23
4.18	Анализ превращений переохлажденного аустенита в углеродистых сталях /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P24

4.19	Микроструктура углеродистых сталей после закалки и отпуска /Лаб/	6	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P25
4.20	Анализ превращений и классификация легированных сталей по диаграммам состояния /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P26
4.21	Микроструктура легированных сталей /Лаб/	6	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P27
4.22	Изучение лекционных материалов по разделу 4, подготовка к коллоквиуму по фазовым равновесиям и структурообразованию в сплавах Fe-C /Ср/	6	10	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.3Л2.3 Л2.4			
4.23	Подготовка к лабораторным работам раздела 4 /Ср/	6	14	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			
4.24	Подготовка домашнего задания по структурообразованию сталей и чугунов /Ср/	6	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.3 Л1.7			P33
	<b>Раздел 5. 5 Цветные сплавы, композиционные и неметаллические материалы</b>							
5.1	Сплавы на основе алюминия. Старение дюралюминия. Зоны Гинье-Престона. Причины появления метастабильных фаз при старении. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.5 Э2			
5.2	Сплавы на основе меди. Латунь. Микроструктура оловянных бронз в равновесном и неравновесном состоянии. Бериллиевые и алюминиевые бронзы; микроструктура, термическая обработка, свойства. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.5			

5.3	Титановые сплавы. Влияние легирования на полиморфизм титана. Мартенситные превращения в сплавах титана. Закалка, старение и отпуск титановых сплавов. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.5 Э9			
5.4	Никелевые сплавы. Жаростойкие и жаропрочные никелевые сплавы. Принципы легирования стареющих жаропрочных сплавов, роль упорядочения и коалесценции. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1Л2.3 Л2.5			
5.5	Композиционные материалы, классификация по форме наполнителя и схеме армирования. Композиционные материалы на металлической и неметаллической основе. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.5			
5.6	Керамические материалы. Порошковая технология. Способы грануляции. Спекание. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.5 Э8			
5.7	Полимеры. Молекулярное строение. Классификация полимеров. Пластмассы. /Лек/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.5			
5.8	Микроструктура сплавов на основе меди, олова и алюминия /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P28
5.9	Старение дюралюминия /Лаб/	6	4	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P29
5.10	Микроструктура сплавов на основе титана /Лаб/	6	2	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			P30

5.11	Изучение лекционных материалов по разделу 5 /Ср/	6	7	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.1 Л1.5Л2.3 Л2.5			
5.12	Подготовка к лабораторным работам по разделу 5 /Ср/	6	5	ПК-3-31 ПК-3-У1 ПК-3-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1 ОПК-6-31 ОПК-6-У1 ОПК-6-В1	Л1.2			

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа 1 (коллоквиум) Фазовые равновесия и структурообразование в двойных сплавах	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Условия задач (к каждому варианту коллоквиума приложена диаграмма с обозначенными сплавами X, Y и конкретными данными для задач). 1 Расставить фазы на диаграмме . 2 Описать растворимость компонентов в жидком и твердом состоянии. 3 Указать фазовые переходы второго рода и аллотропические превращения . 4 Записать трехфазные реакции с указанием температуры и химического состава фаз. В сплаве X определить массовую долю фаз, вступающих в реакцию или образующихся в процессе трехфазной реакции при указанной температуре. 5 Найти интервал составов сплавов, в которых при низких температурах фазовые составляющие отличаются от структурных. 6 Для сплава состава точки Y построить кривую термического анализа при охлаждении, нарисовать структуру при низкой температуре, рассчитать массовую долю и определить химический состав фазовых и структурных составляющих при низкой температуре. 7 По заданному количеству фазовых или структурных составляющих определить химический состав сплава. 8. Проследить за изменением количества и химического состава фаз и структурных составляющих в сплавах указанного состава (от т. А до т. В) при выделенной температуре.
КМ2	Контрольная работа 2 (коллоквиум) Фазовые равновесия и структурообразование в тройных сплавах	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Условия задач (к каждому варианту коллоквиума приложена диаграмма с обозначенными сплавами X, Y и конкретными данными для задач). 1 На рис. 1 найти область существования сплавов, в которых при низкой температуре присутствуют только первичные кристаллы А и двойная эвтектика (А+В). 2 Даны лигатуры I, II и III, химический состав которых указан ниже. В каком соотношении надо соединить эти лигатуры , чтобы получить сплав состава X – 20 %А, 50 %В, 30 %С.? I) 15 %А, 25 % В, 60 %С; II ) 30 %А, 40 %В , 30 %С; III) 20 %А, 70 %В, 10 %С. Для построений воспользуйтесь рис.2. 3 Указать изменение химического состава фаз при кристаллизации сплава X. 4 Постройте изотермическое сечение при температуре 650 оС. 5 Постройте политермическое сечение, указанное преподавателем на рис. 2.



КМ3	Контрольная работа 3 Стабильные и метастабильные фазовые равновесия и структурообразование в сплавах Fe-C	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	1 Нарисовать диаграмму Fe-C с указанием температур и буквенных обозначений. 2 Определить фазовые и структурные составляющие, дать название сплавам, фотографии микроструктур сталей и чугунов представлены ниже. 3 Для сплава на рис.1 определить объемные доли структурных составляющих, найти химический состав сплава, построить кривую термического анализа при охлаждении (нагреве). При низкой температуре рассчитать массовую долю фазовых и структурных составляющих.
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Лабораторная работа 1 Изучение металлографического микроскопа	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1	Схема металлографического микроскопа, основные характеристики (увеличение, разрешаемое расстояние, диаметр поля зрения, апертура объектива). Полезное увеличение и правило Аббе. Выбор объектива и окуляра. Правила работы на микроскопе. Изучение микроструктуры типовых образцов, её схематичное изображение, словесное описание.
P2	Лабораторная работа 2 Приготовление металлографического шлифа	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Требования к образцу для изучения микроструктуры. Операции подготовки металлографического шлифа. Шлифование, полирование, травление. Методы выявления микроструктуры. Дефекты полирования. Индивидуальная подготовка металлографического шлифа с изучением микроскопической картины поверхности шлифа на разных стадиях подготовки.
P3	Лабораторная работа 3 Методы количественной металлографии	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Количественные параметры микроструктуры. Поликристалл и монокристалл. Средний диаметр зерна. Средняя площадь зерна. Методы определения средней площади зерна по Джеффрису и Салтыкову. Определение удельной площади границ зёрен и среднего размера зерна методом случайной секущей. Распределение зёрен по размеру. Балл (номер) зерна. Визуальный метод балловой оценки размера зерна. Определение объёмной доли структурных составляющих методами Глаголева и Розиваля. Определение химического состава материала по объёмным долям структурных составляющих.
P4	Лабораторная работа 4 Изучение дефектов кристаллического строения с помощью светового микроскопа	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Дислокации, границы зёрен и субзёрен. Определение плотности дислокаций методом ямок травления. Экспериментальное различие монокристаллов и поликристаллов. Определение угла разориентации границ субзёрен.
P5	Лабораторная работа 5 Микроструктура и свойства холодно деформированного и рекристаллизованного металла	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение твёрдости и зёрненной микроструктуры поликристаллического железа до и после холодной пластической деформации с разными степенями обжатия, а также после отжига при разных температурах.
P6	Лабораторная работа 6 Анализ первичной кристаллизации двойных сплавов с помощью диаграмм состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Кристаллизация двойных сплавов на примере простых диаграмм состояния двойных систем. Температурный интервал кристаллизации. Первичные кристаллы и их огранка.
P7	Лабораторная работа 7 Анализ эвтектического превращения с помощью диаграмм состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Диаграммы состояния с двойным эвтектическим превращением. Эвтектика нормальная, аномальная, разделённая. Морфология эвтектик. Определение массовой доли эвтектики по диаграмме состояния для сплава заданного состава. решение обратной задачи.

P8	Лабораторная работа 8 Анализ перитектического превращения с помощью диаграмм состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Двойные диаграммы состояния с перитектическим превращением. Формула перитектического превращения. Механизм перитектического превращения. Микроструктура двойных сплавов с перитектическим превращением.
P9	Лабораторная работа 9 Анализ полиморфного превращения с помощью диаграмм состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1;ПК-1-У1	Полиморфное (аллотропическое) превращение. Полиморфные превращения компонентов и химических соединений. Линии трансуса на диаграмме состояния. Особенности механизма полиморфного превращения как превращения в твёрдом состоянии. Диффузионный и бездиффузионный (сдвиговый) механизмы.
P10	Лабораторная работа 10 Микроструктура двойных сплавов с эвтектическим, перитектическим и монотектическим превращениями	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение на микроскопе структуры образцов разного химического состава систем Pb-Sb, Sb-Cu с эвтектическим и Sb-Sn с перитектическим превращением, Cu-Pb с монотектическим и эвтектическим превращениями. Ликвация по плотности на примере сплавов Pb-Sb. Расчёты химического состава образцов с помощью диаграмм состояния.
P11	Лабораторная работа 11 Использование диаграмм фазового равновесия для изучения упорядочения твердых растворов и промежуточных фаз	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Атомное химическое упорядочение, протекающее как фазовый переход первого или второго рода, на примере диаграмм Cu-Au и Cu-Zn. Сверхструктуры. Температура Курнакова Линии ордуса и дизордуса на диаграмме состояния. Температурное и концентрационное разупорядочение.
P12	Лабораторная работа 13 Структурообразование двойных сплавов со сложными диаграммами состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Диаграммы состояния с большим количеством фазовых превращений и разными типами фаз. Примеры анализа превращений и прогнозирования микроструктуры. Контрольная работа 1.
P13	Лабораторная работа 13 Анализ фазовых равновесий и превращений в тройных сплавах. Расчеты с помощью концентрационного треугольника	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Концентрационный треугольник для задания химического состава тройного сплава. Правило рычага и центра тяжести. Поверхности ликвидус и солидус на тройной диаграмме состояния на примере неограниченной растворимости в жидком и твёрдом состоянии. Анализ изменения химического состава жидкости и твёрдого раствора в ходе первичной кристаллизации тройного сплава. Изотермические и политермические разрезы.
P14	Лабораторная работа 14 Двойные эвтектические и перитектические превращения в тройных сплавах	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Тройные диаграммы состояния с двойным эвтектическим превращением. Линия двойной эвтектики на диаграмме. Изменение химического состава жидкости и двойной эвтектики в ходе эвтектического превращения. Проекция поверхностей ликвидус и солидус на концентрационный треугольник. Тройные диаграммы состояния с двойным перитектическим превращением. Изотермические и политермические разрезы.
P15	Лабораторная работа 15 Тройное эвтектическое превращение в тройных сплавах	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Линии двойных эвтектик и плоскость (треугольник) тройной эвтектики для тройных диаграмм состояния. Различие случаев неограниченной и ограниченной остворимости в твёрдом состоянии. Изотермические и политермические разрезы. Прогнозирование с помощью тройных диаграмм микроструктуры.

P16	Лабораторная работа 16 Микроструктура тройных сплавов со сложными диаграммами состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Решение типовых задач с использованием тройных диаграмм состояния. Контрольная работа 2.
P17	Лабораторная работа 17 Анализ формирования микроструктуры углеродистой стали с помощью метастабильной диаграммы Fe-C	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Использование метастабильной диаграммы Fe-C (Fe-Fe <sub>3</sub> C) для изучения фазовых превращений и формирования микроструктуры технического железа и углеродистых сталей. Определение химического состава и массовых долей фаз и структурных составляющих различных сплавов.
P18	Лабораторная работа 18 Формирование микроструктуры белых чугунов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Анализ фазовых превращений и формирования структуры белых чугунов с помощью метастабильной диаграммы Fe-C. Ледебурит и ледебурит превращённый. Цементит разного происхождения. Определение химического состава и расчёт массовых долей фаз и структурных составляющих в белых чугунах разного состава.
P19	Лабораторная работа 19 Формирование микроструктуры серых чугунов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Использование стабильной и метастабильной диаграмм Fe-C для анализа фазовых превращений и структурообразования серых чугунов. Разные формы графита. Виды металлической основы в серых чугунах. Содержание углерода свободного и связанного. Половинчатый чугун. Ковкий и высокопрочный чугун.
P20	Лабораторная работа 20 Микроструктура отожженных углеродистых сталей	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение с помощью светового микроскопа микроструктур отожженных образцов технического железа и углеродистых сталей. Расчёты химического состава сталей по объёмным долям структурных составляющих.
P21	Лабораторная работа 21 Микроструктура литых и горячедеформированных углеродистых сталей	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Дефектные структуры сталей: с неметаллическими включениями (сульфидами и оксидами), полосчатая структура, видманштеттова структура.
P22	Лабораторная работа 22 Микроструктура белых, серых, ковких и высокопрочных чугунов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение с помощью светового микроскопа доэвтектического, эвтектического и заэвтектического белого чугуна, серых чугунов с разной металлической основой, ковкого и высокопрочного чугуна. Определение металлографическим методом химического состава образцов.
P23	Лабораторная работа 23 Распознавание микроструктур сталей и чугунов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Решение типовых задач по идентификации, определению структуры и химического состава сплавов Fe-C. Контрольная работа 3
P24	Лабораторная работа 24 Анализ превращений переохлажденного аустенита в углеродистых сталях	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Изучение перлитного, мартенситного и бейнитного превращений с помощью C-образных диаграмм. Условия образования мартенсита. Верхняя и нижняя критические скорости охлаждения. Мартенситная диаграмма. Резкая и нерезкая закалка. Полная и неполная закалка.
P25	Лабораторная работа 25 Микроструктура углеродистых сталей после закалки и отпуска	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Использование микроскопа для изучения микроструктуры углеродистых сталей разного химического состава после различных видов закалки и отпуска. Сопоставление структуры с экспериментально определёнными значениями твёрдости стали

P26	Лабораторная работа 26 Анализ превращений и классификация легированных сталей по диаграммам состояния	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Использования двойных диаграмм состояния, политермических и изотермических разрезов тройных и многокомпонентных диаграмм для анализа фазовых превращений, прогнозирования микроструктуры и решения задачи классификации легированных сталей.
P27	Лабораторная работа 27 Микроструктура легированных сталей	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Металлографическое исследование структуры легированных сталей разного химического состава и разных классов при сопоставлении данных о структуре с данными о ферромагнитности и твёрдости
P28	Лабораторная работа 28 Микроструктура сплавов на основе меди, олова и алюминия	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Металлографическое исследование структуры сплавов на основе меди, олова и алюминия с сопоставлением с данными диаграмм состояния
P29	Лабораторная работа 29 Старение дюралюминия	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Проведение термической обработки (старения) дюралюминия по разным режимам, измерение твёрдости и анализ полученных зависимостей твёрдости от температуры и продолжительности старения
P30	Лабораторная работа 30 Микроструктура сплавов на основе титана	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Использование микроскопа для изучения микроструктуры титановых сплавов разных классов после различных обработок
P31	Домашнее задание 1 Фазовые превращения и структурообразование двойных сплавов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Для полученного варианта реальной диаграммы состояния провести её анализ: охарактеризовать растворимость в жидком и твёрдом состоянии, описать типы фаз, записать формулы неинвариантных превращений и их температуру, привести названия превращений, указать фазовые превращения первого и второго рода, а также полиморфные превращения. Для сплавов указанного химического состава решить типовые задачи на построение кривых термического анализа и изображений микроструктуры, определение фазовых и структурных составляющих, определение их химического состава и массовой доли, нахождения доли фаз, участвующих в выбранном сплаве в одной из реакций, построения графиков зависимостей доли фаз и структурных составляющих от состава сплава или для указанного сплава от температуры.
P32	Домашнее задание 2 Фазовые равновесия и структурообразование тройных сплавов	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Описание фазовых превращений в тройной системе в целом и в указанном тройном сплаве в частности, с указанием формул и названий фазовых превращений. Построение кривых термического анализа при нагреве или при охлаждении. Построение изображения микроструктуры. Расчет долей фаз и структурных составляющих в выбранном сплаве. Нахождение химического состава сплава по заданным долям лигатур, из которых получали сплав. Использование концентрационного треугольника для построения линий изменения состава фазы при изменении температуры. Применение графического метода для определения точки состава определённой структурной составляющей. Нахождение геометрического места точек сплавов с определённым набором структурных или фазовых составляющих. Построение политермического и изотермического разрезов тройной диаграммы.

Р33	Домашнее задание 3 Фазовые превращения и формирование структуры в сплавах Fe-C	ПК-3-31;ПК-3-У1;ПК-3-В1;ПК-1-31;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ОПК-6-31;ОПК-6-У1;ОПК-6-В1	Для указанного сплава (технического железа, стали или чугуна) построить кривые термического анализа, провести прогнозирование микроструктуры после отжига, определить название сплава по микроструктуре или по химическому составу, определить химический состав фаз и структурных составляющих, рассчитать массовую долю фаз и структурных составляющих. Определить химический состав сплава по заданному количеству фазовых или структурных составляющих. Построить графики зависимости состава и доли фазы (или структурной составляющей) от состава сплава (содержания углерода) при указанной температуре или зависимости от температуры для заданного состава сплава.
-----	---	--	---

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

В семестре 5 предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет семестра 5 состоит из 5 вопросов. Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки.

Вопрос 1 - вопрос по теории разделов 1-3.

Вопрос 2 - вопрос по механизмам фазовых превращений, раздел 2.

Вопрос 3 - вопрос по описанию фаз, структурных составляющих, фазовых или структурных превращений, разделы 1-3.

Вопрос 4 - задача по фазовому равновесию и структурообразованию в двойных сплавах.

Вопрос 5 - задача по фазовому равновесию и структурообразованию в тройных сплавах.

Пример экзаменационного билета семестра 5

Экзаменационный билет № 1

1 Перечислите виды точечных дефектов.

2 По каким механизмам может протекать перитектическая кристаллизация двойных сплавов?

3 Запишите уравнение Колмогорова, описывающее кинетику кристаллизации.

4 Нарисуйте диаграмму состояния с эвтектическим и эвтектоидным превращениями. Выберите сплав, в котором протекают оба превращения, и нарисуйте его микроструктуру до и после эвтектоидного превращения. Рассчитайте доли структурных составляющих.

5 На проекции тройной диаграммы А-В-С с отсутствием растворимости в твердом состоянии и с тройной эвтектической реакцией укажите интервал составов, которые может иметь двойная эвтектика (А+В).

В семестре 6 предусмотрен экзамен.

Экзаменационный билет семестра 6 состоит из 5 вопросов. Типовые вопросы экзамена приведены в вопросах самоподготовки.

Вопрос 1. Задача по сплавам Fe-C (раздел 4).

Вопрос 2. Задача по фазовым и структурным превращениям или термической обработке материалов (разделы 4, 5).

Вопрос 3. Вопрос по терминологии или классификации (разделы 4, 5).

Вопрос 4. Теоретический вопрос по разделу 4.

Вопрос 5. Теоретический вопрос по разделу 5.

Пример экзаменационного билета семестра 6

Экзаменационный билет № 1

1 Нарисуйте схему зависимости массовой доли перлита как структурной составляющей от содержания углерода в белых чугунах.

2 Сталь с 0,5 % С нагрели до 740 оС и охладили со скоростью выше верхней критической. Сколько углерода содержит мартенсит?

3 Сплав железа с 3 % С содержит 2,5 % С (масс.). Весь графит имеет хлопьевидную форму. Как называется сплав?

4 Почему в строительных сталях содержание углерода невелико?

5 Какую термическую обработку используют для упрочнения бериллиевых бронз?

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Шкала оценивания знаний обучающихся на экзамене:

Оценка «отлично» - обучающийся показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу.

Оценка «хорошо» - обучающийся показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал.

Оценка «удовлетворительно» - обучающийся показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;

Оценка «неудовлетворительно» - обучающийся допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

Оценка «не явка» – обучающийся на экзамен не явился.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Лившиц Б. Г.	Металлография: учебник для студ. металлург. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л1.2	Малинина Раиса Ивановна, Введенский Вадим Юрьевич, Малютина Елена Сергеевна, др., Малинина Раиса Ивановна, Введенский Вадим Юрьевич	Микроструктура металлических сплавов: лаб. практикум	Электронная библиотека	М.: Учеба, 2007
Л1.3	Введенский Вадим Юрьевич, Малинина Раиса Ивановна, Ушакова О. Ю., Шуваева Евгения Александровна	Структурообразование и анализ фазовых превращений в сплавах железо-углерод: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150100 - Металлургия и 150700 - Физ. материаловедение	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010
Л1.4	Лилеев Алексей Сергеевич, Малютина Елена Сергеевна	Фазовые равновесия и структурообразование: сб. задач	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2009
Л1.5	Шуваева Евгения Александровна, Перминов Александр Сергеевич	Материаловедение. Неметаллические и композиционные материалы: курс лекций: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. - Металлургия	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2013
Л1.6	Столяров В. Л., Малютина Е. С., Введенский В. Ю.	Фазовые превращения и структурообразование: учебник	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2018
Л1.7	Малютина Елена Сергеевна	Фазовые равновесия и структурообразование. Диаграмма фазового равновесия Fe-C (N 2795): сб. задач	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2016

**6.1.2. Дополнительная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Захаров А. М.	Диаграммы состояния двойных и тройных систем: учеб. пособие для студ. металлург. и машиностроит. спец. вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л2.2	Новиков И. И., Розин К. М.	Кристаллография и дефекты кристаллической решетки: Учебник для вузов	Библиотека МИСиС	М.: Металлургия, 1990
Л2.3	Новиков И. И., Строганов Г. Б., Новиков А. И.	Металловедение, термообработка и рентгенография: Учебник для студ. металлург. и машиностроит. спец. вузов	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1994

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.4	Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г.	Специальные стали: Учебник для вузов по спец. 'Металловедение и термическая обработка металлов'	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 1999
Л2.5	Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А.	Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов: учебник для студ. вузов спец. 'Металловедение и терм. обработка металлов'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2005

### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Лилеев Алексей Сергеевич, Малютин Елена Сергеевна	Фазовые равновесия и структурообразование. Двухкомпонентные диаграммы фазового равновесия: сб. задач: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150400 - 'Металлургия'	Библиотека МИСиС	М.: Изд-во МИСиС, 2012

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Дислокации и дефекты кристаллической решётки. Фильм. Свердловская киностудия, 1977. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0">https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0">https://www.youtube.com/watch?v=76qW6gm6cV0</a>
Э2	Пластическая деформация металлов. Фильм по заказу "Союзвзфильм". <a href="https://www.youtube.com/watch?v=IBZwnqJ1F44">https://www.youtube.com/watch?v=IBZwnqJ1F44</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=IBZwnqJ1F44">https://www.youtube.com/watch?v=IBZwnqJ1F44</a>
Э3	Рекристаллизация металлов и сплавов. Фильм. Киевская студия научно-популярных фильмов, 1977. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=luho2uBaPgg">https://www.youtube.com/watch?v=luho2uBaPgg</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=luho2uBaPgg">https://www.youtube.com/watch?v=luho2uBaPgg</a>
Э4	Кристаллизация сплавов. Фильм. Киевнаучфильм, 1983. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=BDyvsRoNG08">https://www.youtube.com/watch?v=BDyvsRoNG08</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=BDyvsRoNG08">https://www.youtube.com/watch?v=BDyvsRoNG08</a>
Э5	Кристаллизация металлов. Фильм. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z591VM8w55k">https://www.youtube.com/watch?v=Z591VM8w55k</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=Z591VM8w55k">https://www.youtube.com/watch?v=Z591VM8w55k</a>
Э6	Полиморфные превращения в металлах. Фильм. Центрнаучфильм. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=z7uLrwXD3Ks">https://www.youtube.com/watch?v=z7uLrwXD3Ks</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=z7uLrwXD3Ks">https://www.youtube.com/watch?v=z7uLrwXD3Ks</a>
Э7	Мартенситные превращения. Фильм. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=NWO70rwlhko">https://www.youtube.com/watch?v=NWO70rwlhko</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=NWO70rwlhko">https://www.youtube.com/watch?v=NWO70rwlhko</a>
Э8	Порошковая металлургия. Фильм. Леннаучфильм, 1985. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8">https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8">https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8</a>
Э9	Фазовые превращения в титановых сплавах. Фильм. Киевская киностудия научно-популярных фильмов, 1979. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8">https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8">https://www.youtube.com/watch?v=4sHOrUx7GG8</a>
Э10	Чугуны серые, ковкие, высокопрочные. КиевНаучФильм. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=8nP3amMfKc0">https://www.youtube.com/watch?v=8nP3amMfKc0</a>	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=8nP3amMfKc0">https://www.youtube.com/watch?v=8nP3amMfKc0</a>
Э11	Малютин Е.С. Трехкомпонентные диаграммы фазового равновесия. Часть 1. Методическое пособие по курсам "Фазовое равновесие и структурообразование", "Металлография". - М. МИСиС, 2019. <a href="https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf">https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf</a>	<a href="https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf">https://misis.ru/files/-/8eeb312de00d8560beec848ece0f3981/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BD%D1%8B%D0%BC.pdf</a>

Э12	<p>Малютин Е.С. Пособие по трехкомпонентным диаграммам фазового равновесия. Часть III. Диаграмма с неограниченной растворимостью компонентов в твёрдом и жидком состоянии.  <a href="https://misis.ru/files/-/70a49f3d7d09196c0b1efb741aa71547/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D0%BC_%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%B8%D1%8F.(%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%B8_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%BC_%D0%B8_%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B8).pdf">https://misis.ru/files/-/70a49f3d7d09196c0b1efb741aa71547/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%B5_%D0%BF%D0%BE_%D1%82%D1%80%D0%B5%D1%85%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%BC_%D0%B4%D0%B8%D0%B0%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B0%D0%BC_%D1%84%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%81%D0%B8%D1%8F.(%D0%BD%D0%B5%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2_%D0%B8_%D0%B6%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D0%BC_%D0%B8_%D1%82%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%D1%81%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%B8%D0%B8).pdf</a></p>
-----	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
П.2	ESET NOD32 Antivirus
П.3	Microsoft Office
П.4	LMS Canvas

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	— Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностранная база данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Читальный зал №3 (Б)		комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.
Б-416	Учебная аудитория	проектор; экран; маркерная доска; компьютер преподавателя; микроскоп Carl Zeiss Axio Scope A1, компьютерный класс на 12 компьютеров, комплект учебной мебели
Б-420	Учебная аудитория	проектор; мультимедийная доска; маркерная доска, документ-камера; компьютер преподавателя; микроскопы металлографические 11 шт., комплект учебной мебели



Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
--------------------------------	--	---

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Проведение лекций и практических занятий осуществляется исключительно в аудиториях, обеспеченных мультимедийным оборудованием, с возможностью показа презентаций и видеофильмов.

Проведение лабораторных работ осуществляется в специализированных лабораториях (Б-416, Б-420), при проведении занятий группы разбиваются на подгруппы, численностью обучающихся не более 12 студентов.

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов материаловедения.

Лабораторные и практические занятия должны быть нацелены на практическое изучение особенностей структуры и фазового равновесия изучаемых металлов, особенностей их термической обработки, технологии формирования эксплуатационных свойств.

Предусматриваются домашние задания, включающие задачи по фазовым превращениям и структурообразованию.

Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:

- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);

- использование при проведении занятий специализированной (см. выше) лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме

- использование при проведении лекционных занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

Дисциплина относится к точным наукам и требует значительного объема самостоятельной работы. Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.

Подготовка к контрольным работам проводится в часы самостоятельной работы и, при необходимости, в часы консультаций лектора.

По курсу предусмотрены экзамены в 5 и 6 семестрах.

Материалы курса (презентации лекций, рекомендуемая литература, видеоматериалы и др.) выложены в системе LMS Canvas.