

Уникальный программный ключ:  
619b041717227ae5c5a9c00aabb4272e121f088

Рабочая программа утверждена  
решением Учёного совета  
ВФ НИТУ «МИСИС»  
от «30» мая 2024г.  
протокол № 7-24

## Рабочая программа дисциплины (модуля) Теория твердофазных превращений

Закреплена за кафедрой	Электрометаллургии
Направление подготовки	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Профиль	Материаловедение и технологии новых материалов
Квалификация	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Общая трудоемкость	<b>5 ЗЕТ</b>
Часов по учебному плану	180
в том числе:	Формы контроля в семестрах:
аудиторные занятия	экзамен 5 72
самостоятельная работа	79
часов на контроль	27

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	5 (3.1)		Итого	
	УП	РП		
Неделя	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
Контроль самостоятельной работы	2	2	2	2
В том числе в форме практ. подготовки	26	26	26	26
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	74	74	74	74
Сам. работа	79	79	79	79
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

*дтн, Профессор, Беломытцев Михаил Юрьевич*

Рабочая программа

**Теория твердофазных превращений**

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 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, МиТМ-24.plx Материаловедение и технологии новых материалов, утвержденного Ученым советом ВФ НИТУ "МИСИС" 28.12.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Электromеталлургии**

Протокол от 27.05.2024 г., № 9

Зав. кафедрой Еланский Д.Г.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель – дать необходимые базовые знания по теории процессов фазовых и структурных превращений для всесторонней реализации бакалавров направления подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов в различных областях и видах их профессиональной деятельности.
1.2	
1.3	Задачи дисциплины:
1.4	Научить
1.5	отличать различные процессы фазовых и структурных превращений;
1.6	анализировать последовательность атомно-кристаллических изменений структуры;
1.7	проводить сравнительную оценку различных методов наблюдения процессов.

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.01
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Математика
2.1.2	Физическая химия
2.1.3	Материаловедение
2.1.4	Физика
2.1.5	Химия
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты ВКР

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

<b>ПК-3: Способен сопровождать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов</b>
<b>ПК-3.1: Проводит анализ на соответствие структуры и свойств материалов и изделий из них заданным технологическим и эксплуатационным требованиям</b>
<b>Знать:</b>
ПК-3.1-33 основные изменения структуры и кристаллической решётки при различных деформационно-термических воздействиях на металлы и сплавы
ПК-3.1-32 базовые знания по теории процессов фазовых и структурных превращений
ПК-3.1-31 основные виды фазово-структурных превращений;
<b>Уметь:</b>
ПК-3.1-У3 анализировать последовательность атомно-кристаллических изменений структуры
ПК-3.1-У2 предлагать на основе информационного поиска современные методы наблюдения превращений в материалах различного структурно-механического класса;
ПК-3.1-У1 решать типовые задачи в области структурных превращений;
<b>Владеть:</b>
ПК-3.1-В3 навыками по проведению сравнительной оценки различных методов наблюдения процессов
ПК-3.1-В2 практическими навыками оценки структуры и механических свойств после различных видов деформационно-термической воздействия;
ПК-3.1-В1 принципами классификации наблюдаемых явлений;

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетенции	Литература и эл. ресурсы	Примечание
	<b>Раздел 1. Теория процессов кристаллизации.</b>					
1.1	Теория процессов кристаллизации. Аморфное и квазикристаллическое состояния. Высокоэнтропийные материалы. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	

1.2	Высокоэнтропийные материалы. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
1.3	Строение слитка. Чернов Д.К. Дендритная ликвация. Модификация при плавке. Градиентное зёрненное строение на примере Ni-сплавов. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
1.4	Градиентное зёрненное строение на примере Ni-сплавов. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
1.5	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. /Ср/	5	11	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
	<b>Раздел 2. Превращения и структуры при холодной деформации.</b>					
2.1	Превращения и структуры при холодной деформации. Формирование нанозерна и особенности нанокристаллического состояния. Анизотропия и текстура. Механическое легирование. /Лек/	5	6	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.2	Анизотропия и текстура. Механическое легирование. /Пр/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.3	Превращения и структуры при нагреве наклёпанной структуры. Рекристаллизация. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.4	Рекристаллизация наноматериалов. Рост зерна при отжиге. /Пр/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.5	Превращения и структуры при горячей деформации. Теория и процессы при сверхпластичности. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.6	Теория и процессы при сверхпластичности. /Пр/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
2.7	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. /Ср/	5	12	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
	<b>Раздел 3. Типы твёрдых структур.</b>					
3.1	Типы твёрдых структур. Методы их получения. Твёрдые растворы Промежуточные фазы /Лек/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.2	Твёрдые растворы Промежуточные фазы /Пр/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.3	Магнитные превращения /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.4	Магнитные превращения /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.5	Упорядочение твёрдых растворов и хим. соединений /Лек/	5	4	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.6	Упорядочение твёрдых растворов и хим. соединений /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.7	Теория гомогенного распада твёрдых растворов. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.8	Теория гомогенного распада твёрдых растворов. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.9	Теория формирования 2-х фазных зёрнистых структур, теория перлитного распада. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.10	Теория перлитного распада. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.11	Теория мартенситного превращения. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.12	Теория мартенситного превращения. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.13	Теория фазовых превращений при поверхностных насыщениях (ХТО). Внутреннее насыщение. /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.14	Внутреннее насыщение. /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
3.15	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. /Ср/	5	20	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	

	<b>Раздел 4. Формирование структур цветных сплавов</b>					
4.1	Формирование структур цветных сплавов (Cu, Al, Ti, Ni) /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
4.2	Формирование структур цветных сплавов (Cu, Al, Ti, Ni) /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
4.3	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. /Ср/	5	18	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
	<b>Раздел 5. Основы порошковой металлургии</b>					
5.1	Основы порошковой металлургии /Лек/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
5.2	Формирование структуры гранул /Пр/	5	2	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	
5.3	Самостоятельное изучение литературы. Проработка лекционного материала. /Ср/	5	18	ПК-3.1	Л1.1Л2.1 Э1	

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.1. Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену (зачёту с оценкой)

Вопросы к экзамену ПК-1.1, УК-7.2

1. Системы и признаки для классификации фазовых превращений.
2. Эвтектическое превращение: его характеристики и т/д описание.
3. Описание стабильной диаграммы железо-углерод.
4. Экспериментальные методы исследования фазовых превращений.
5. Эвтектоидное превращение: его характеристики и т/д описание.
6. Описание области сталей на стабильной диаграмме железо-углерод.
7. Математическое описание процесса кристаллизации по Миркину.
8. Перитектическое превращение: его характеристики и т/д описание.
9. Описание метастабильной диаграммы железо-углерод.
10. Математическое описание гомогенной кристаллизации.
11. Перитектоидное превращение: его характеристики и т/д описание.
12. Описание области чугунов на стабильной диаграмме железо-углерод.
13. Математическое описание гетерогенной кристаллизации.
14. Превращение типа расслоения с участием жидкой фазы: его характеристики и т/д описание.
15. Описание области чугунов на метастабильной диаграмме железо-углерод.
16. Математическое описание кристаллизации с зарождением на подложке.
17. Монотектическое превращение: его характеристики и т/д описание.
18. Описание формирования структуры заэвтектоидных сталей при нагреве и охлаждении по стабильной диаграмме.
19. Механизм образования дендритных структур при кристаллизации.
20. Фазовое превращение 1-го рода „порядок – беспорядок”: его характеристики и т/д описание.
21. Описание формирования структуры доэвтектических серых чугунов при нагреве и охлаждении по стабильной диаграмме.
22. Механизм формирования зонной структуры слитка.
23. Фазовое превращение 2-го рода „порядок – беспорядок”: его характеристики и т/д описание.
24. Описание формирования структуры доэвтектических белых чугунов при нагреве и охлаждении по метастабильной диаграмме.
25. Описание явления ликвации. Методика зонной очистки монокристаллов.
26. Описание областей промежуточных соединений (интерметаллидов) на бинарных диаграммах состояния.
27. Описание формирования структуры заэвтектических белых чугунов при нагреве и охлаждении по метастабильной диаграмме.
28. Описание явления ликвации. Методика зонного выращивания монокристаллов.
29. Описание областей неустойчивых химических соединений на бинарных диаграммах состояния.
30. Описание процесса появления квазиэвтектоида на диаграмме железо-углерод.
31. Описание процесса рекристаллизации: условия проявления, регистрируемые параметры, математическое описание.
32. Описание и условия образования видманштеттовых структур.
33. Условия и механизм образования перлитных структур в сплавах системы железо-углерод.
34. Описание и условия осуществления мартенситных превращений.
35. Явление грануляции в твёрдофазном состоянии: причины, проявление, механизм.
36. Закономерности формирования структур верхнего бейнита в сталях.

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

ПК-1.1, УК-7.2

Контрольная работа №1

1. Приведите пример бездиффузионного фазового превращения. По измерениям каких свойств его можно обнаружить?
2. Какой метод исследования позволяет изучать структуру металла на атомном уровне?

Контрольная работа №2  
 1. Какое структурно-фазовое превращение соответствует точке а Чернова?  
 2. Какой зависимостью связаны между собой показатель переохлаждения  $\Delta T$  и число зародышей новой фазы  $n$ ? Фазовое превращение какого рода описывают эти характеристики?

Контрольная работа №3

1. Опишите словами и (или) проиллюстрируйте рисунком схему появления концентрационной неоднородности при кристаллизации расплава.  
 2. Какие структурные стадии наблюдаются при рекристаллизации?

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

ПК-1.1, УК-7.2

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Системы и признаки для классификации фазовых превращений.  
 2. Эвтектическое превращение: его характеристики и т/д описание.  
 3. Описание стабильной диаграммы железо-углерод.

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

По дисциплине предполагается следующая шкала оценок:

а) «отлично» – студент 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;  
 б) «хорошо» – студент 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;  
 в) «удовлетворительно» – студент 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;  
 г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы; студент не выполнил полного учебного графика.

## 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. Лившиц Б.Г.	Металлография : учебник для вузов	Электронный каталог	Москва Металлургия, 1990

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Лившиц Б.Г.	Физические свойства: учебник	Электронный каталог	Москва Металлургия, 1980

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

Э1	Горелик С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов М.: Металлургия 2016	<a href="http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=8409">http://elibrary.misis.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&amp;fDocumentId=8409</a>
----	---	---

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	MS Office
П.2	LMS Canvas
П.3	Microsoft PowerPoint
П.4	Microsoft Excel
П.5	Microsoft Word
П.6	MS Teams

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

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
4	Теория фазовых и структурных превращений	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к

4	Теория фазовых и структурных превращений	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
4	Теория фазовых и структурных превращений	компьютер, проектор, экран, интерактивная доска комплект тематических презентаций, доступ к
6	Теория фазовых и структурных превращений	Компьютеры, доступ к интернету

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Весь курс разделен на самостоятельные взаимосвязанные части, т.е. имеет модульное построение. Развитие самостоятельности студентов достигается индивидуализацией домашних заданий и вопросов для внутрисеместрового контроля знаний. Это обеспечивается методическими разработками, созданными в электронном формате, существенно повышающими эффективность самостоятельной работы студентов.

Лекции проводятся с использованием мультимедийных технологий в специально оборудованных аудиториях, при этом лекционный материал демонстрируется с использованием графического редактора Power Point.

При выполнении домашних заданий осваиваются классические методы изучения вопроса. Такая возможность обеспечивается рациональным использованием времени при проведении лекций с широким привлечением мультимедийной техники, и Интернета, а также формированием требований к подготовке студентов по предшествующим дисциплинам.

Дисциплина 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.