

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 22.07.2025 17:22:56
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП



Е.М. Семенова

«24»

июня

2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Основы физического металловедения

Закреплена за
кафедрой:

Физики конденсированного состояния

Направление
подготовки:

03.03.02 Физика

Направленность
(профиль):

**Физика, технологии и компьютерное моделирование
функциональных материалов**

Квалификация:

Бакалавр

Форма обучения:

очная

Семестр:

8

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Семенова Елена Михайловна

Тверь, 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся представлений о физической природе и свойствах металлов и сплавов, о влиянии технологии их получения и обработки на структуру и физические свойства, о диапазоне технических применений

Задачи:

- формирование знаний о строении, свойствах и прикладном значении различных групп металлов и сплавов
- практическое освоение студентами различных экспериментальных методов исследования микро- и наноструктуры металлов и сплавов.
- приобретение практических навыков комплексного анализа экспериментальных данных с целью получения информации о структуре и физических свойствах металлов и сплавов, а также их взаимосвязи.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Обработка и анализ данных физического эксперимента

Фазовые переходы

Физика конденсированного состояния вещества

Кристаллография

Электричество и магнетизм

Физический практикум по электричеству и магнетизму

Механика

Дифференциальные уравнения

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Микромагнетизм

Нанотехнологии в физике конденсированного состояния

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	3 ЗЕТ
Часов по учебному плану	108
в том числе:	
аудиторные занятия	52
самостоятельная работа	16

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.1: Проводит экспериментальные исследования с применением научно-исследовательского оборудования в соответствии с утвержденными методиками

ПК-2.2: Анализирует физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов

ПК-3.1: Осуществляет анализ структуры материалов

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	8

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1. Введение					
1.1	Металловедение и его цели. Критерии металлического состояния вещества. Современная классификация металлов. Методы исследования структуры металлов.	Лек	8	2		
	Раздел 2. 2. Процессы кристаллизации металлов.					

2.1	Энергетические условия процесса кристаллизации. Теоретическая и фактическая температуры кристаллизации. Переохлаждение и перенагревание. Кривые охлаждения и нагревания. Механизм процесса кристаллизации. Простейшая схема кристаллизации. Кинетическая кривая кристаллизации. Кривые Таммана. Термодинамика процесса кристаллизации. Критический размер устойчивого зародыша. Реальные процессы кристаллизации металлов. Равновесная и неравновесная форма кристаллов. Типичное строение металлических слитков. Влияние условий охлаждения на структуру металлических слитков. Методы получения монокристаллов, крупнозернистых поликристаллов, мелкокристаллических, аморфно-кристаллических и аморфных металлов. Уникальность свойств металлов в аморфном состоянии. Явление полиморфизма. Аллотропические формы. Аллотропия железа и олова.	Лек	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4	
2.2	Кристаллизация металлов	Ср	8	2	Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.4	
	Раздел 3. 3. Сплавы. Строение сплавов.					

3.1	Сплавы. Методы получения сплавов. Классификация сплавов. Свойства металлических сплавов. Механические смеси металлов. Типы химических соединений элементов. Закон валентности в соединениях металлов и неметаллов. Области гомогенности металлических соединений. Твердые растворы на основе одного их компонентов сплава. Растворы замещения и внедрения. Влияние легирования на свойства сплавов. Неограниченные и ограниченные твердые растворы замещения. Явление изоморфизма. Твердые растворы на основе химических соединений. Растворы вычитания. Дальтонида и бертоллиды. Упорядоченные твердые растворы. Электронные соединения металлов (фазы Юм-Розери). Фазы Лавеса. Фазы внедрения	Лек	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.4	
3.2	Строение сплавов	Ср	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2	
	Раздел 4. 4. Механические свойства металлов					

4.1	Металлы как конструкционные материалы. Упругая и пластическая деформации. Виды кривых деформации. Механические характеристики материалов: жесткость, модуль упругости, предел текучести, предел прочности, пластичность, вязкость. Дислокационная теория пластической деформации металлов. Способы упрочнения металлов. Явление сверхпластичности металлических сплавов. Явление наклепа. Структурные изменения в металлах при пластических деформациях. Возврат и рекристаллизация. Температура рекристаллизации. Горячая и холодная обработка давлением. Ненаклепываемые металлы. Структурные изменения при первичной рекристаллизации. Механизмы роста зерен при вторичной рекристаллизации: зародышевый, миграционный, слияния зерен. Надежность и долговечность металлов. Механизмы хрупкого и вязкого разрушения. Типы сколов. Фрактография. Влияние температуры на механизм разрушения. Порог хладоломкости, температура полухрупкости, запас вязкости.	Лек	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.4	
4.2	Механические свойства металлов	Ср	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 5. 5. Диаграммы состояния металлических систем					

5.1	Фаза, компонент, степень свободы системы. Правило фаз Гиббса. Примеры нон-, моно- и бивариантных систем. Правило фаз Гиббса для металлов. Особенности температурных условий кристаллизации одно-, двух и трехкомпонентных металлических сплавов. Методы построения диаграмм состояния. Правило отрезков для диаграмм состояния бинарных сплавов. Диаграмма состояния 1 рода для механических смесей. Эвтектика. Эвтектическая реакция. Диаграмма состояния 2 рода для неограниченных твердых растворов. Равновесное состояние сплава. Диффузия в жидкой и твердой фазе. Диаграммы состояния 3 рода для ограниченных твердых растворов. Диаграмма с эвтектикой. Первичная и вторичная кристаллизация. Диаграмма с перитектикой. Перитектическая реакция. Особенности микроструктуры. Диаграммы состояния 4 рода для сплавов, компоненты которых образуют химические соединения. Устойчивые и неустойчивые химические соединения. Диаграммы с одним и несколькими устойчивыми химическими соединениями и твердыми растворами на их основе. Диаграмма с неустойчивым химическим соединением. Диаграммы состояния для сплавов, испытывающих полиморфные превращения. Эвтектоид и эвтектоидная реакция. Связь между диаграммой состояния и свойствами бинарных сплавов. Кристаллизация сплавов в неравновесных условиях. Непрерывная кристаллизация жидкого раствора. Структура дендритной ликвации. Гомогенизация. Критические скорости охлаждения.	Лек	8	10	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.2 Л2.3 Л2.4	
-----	--	-----	---	----	--	--

	Дисперсионно-твердеющие сплавы. Неравновесная кристаллизация твердого раствора. Когерентные и некогерентные фазы. Изменение структуры сплавов в процессе термических обработок. Диаграммы состояния сплавов с тремя компонентами. Концентрационный треугольник. Правило прямой линии. Вертикальные и горизонтальные разрезы диаграммы состояния. Особенности процессов кристаллизации в трехкомпонентной системе. Двойная и тройная эвтектики. Диаграмма состояния и микроструктура сплава, три компонента которого не растворимы в твердом состоянии и не образуют химических соединений.					
5.2	Двухкомпонентные и трехкомпонентные диаграммы состояния	Ср	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 6. 6. Термические обработки металлов и сплавов					
6.1	Технология металлов и термические обработки. Цель термической обработки. Характеристики режимов термической обработки: скорости нагрева и охлаждения, температура и длительность воздействия. Классификация видов термических обработок металлов и сплавов. Отжиги 1 и 2 рода, закалка, отпуск и старение. Специальные виды термических обработок металлов. Методы определения режимов термических обработок по диаграммам состояния сплавов.	Лек	8	2	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	

6.2	Влияние термических обработок на микро- и наноструктуру сплавов	Ср	8	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
	Раздел 7. 7. Лабораторные работы					
7.1	Изучение методики приготовления шлифов и выявления их микроструктуры для металлографического анализа.	Лаб	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
7.2	Определение геометрических параметров порошковых материалов методами стереометрической металлографии.	Лаб	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
7.3	Построение кривой распределения по размерам шаровидных частиц карбонильного железа.	Лаб	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
7.4	Определение параметров однофазной полиэдрической структуры	Лаб	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
7.5	Определение удельной поверхности раздела и количественного соотношения фаз в гетерогенных сплавах.	Лаб	8	6	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	
7.6	Определение плотности дислокаций и качественная оценка характера их распределения в монокристалле кремния.	Лаб	8	4	Л1.1 Л1.2 Л1.3 Л1.4Л2.1 Л2.2 Л2.3 Л2.4	

1	Активное слушание
2	Технологии развития критического мышления
3	Информационные (цифровые) технологии

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

См. Приложение 1

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См. Приложение 1

8.3. Требования к рейтинг-контролю

В семестре проводится два контрольных модуля.

I модуль – 30 баллов. Письменный опрос по теории (10 вопросов) – 30 баллов: по 3 балла – за правильный ответ на каждый вопрос, по 1–2 балла – за неполный ответ.

II модуль – 70 баллов. Письменный опрос по теории (10 вопросов) – 30 баллов: по 3 балла – за правильный ответ на каждый вопрос, по 1–2 балла – за неполный ответ. Лабораторные работы (6 работ) – 40 баллов.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Кудреватых, Волегов, Физика металлов. Редкоземельные металлы и их соединения, Москва: Юрайт, 2022, ISBN: 978-5-9916-9977-8, URL: https://urait.ru/bcode/492228
Л1.2	Лахтин, Основы металловедения, Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024, ISBN: 978-5-16-004714-0, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=436371
Л1.3	Овчинников, Металловедение, Москва: Издательский Дом "ФОРУМ", 2024, ISBN: 978-5-8199-0867-9, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=431854
Л1.4	Власов, Металловедение, Москва: Издательский дом "Альфа-М", 2020, ISBN: 978-5-98281-167-7, URL: https://znanium.com/catalog/document?id=374737

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Литвинов, Гриб, Попов, Физика металлов. Рекристаллизация металлов и сплавов, Москва: Юрайт, 2022, ISBN: 978-5-534-05299-2, URL: https://urait.ru/bcode/493405
Л2.2	Ляхова, Основы физического металловедения [Электронный ресурс], Тверь: Тверской государственный университет, 2002, ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts2/00397ucheb.pdf
Л2.3	Чалова О. Б., Общие свойства металлов, Уфа: УГНТУ, 2019, ISBN: 978-5-7831-1894-4, URL: https://e.lanbook.com/book/179293

Л2.4	Панов Д. О., Каменских А. П., Коковьякина С. А., Физическое металловедение, Пермь: ПНИПУ, 2019, ISBN: 978-5-398-02131-8, URL: https://e.lanbook.com/book/161221
------	---

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	OpenOffice
5	Origin 8.1 Sr2

9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС ТвГУ
2	ЭБС BOOK.ru
3	ЭБС «Лань»
4	ЭБС IPRbooks
5	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
6	ЭБС «ЮРАИТ»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-40	комплект учебной мебели, вольтмет, экран настенный, контроллер, сканеры для вольтметра, двухфазные Lock-in усилители, компьютеры, установка "Мишень"
3-38	комплект учебной мебели, печь трубчатая, мониторы, проектор, фотомикроскоп, вакуумные посты, весы лабораторные, коммутатор,

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ