

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ВЛАДИМИРА ДАЛЯ»**

**Институт Технологий и инженерной механики
Кафедра Материаловедение**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор
Института Технологий и инженерной
механики


Могильная Е.П.
(подпись)

« 18 » 04 2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

По направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профили: «Материаловедение в машиностроении»

«Композиционные и порошковые материалы, покрытия»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов. – 24 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика конденсированного состояния» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 02.06.2020 года № 701.

СОСТАВИТЕЛЬ:

Доктор техн. наук, профессор Рябичева Л.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры материаловедения «18» 04 2023 г., протокол № 8

Заведующая кафедрой материаловедения  Рябичева Л.А.

Переутверждена: « » 20 г., протокол №

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института Технологий и инженерной механики

«18» 04 2023 г., протокол № 3.

Председатель учебно-методической комиссии института

 Ясуник С.Н.

Структура и содержание дисциплины

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Цель изучения дисциплины – научить бакалавров систематизированным знаниям теоретических основ материаловедения, использовать закономерности атомно-кристаллического строения металлических фаз для анализа и прогнозирования формирования микроструктуры и субструктуры и их возможных изменений.

Задачи:

- изучить теоретическую базу процессов кристаллизации, образования конденсированных фаз;
- изучить физические процессы, происходящие в твердой фазе;
- научить анализировать свойства и взаимодействия дефектов кристаллов и количественно оценивать их участие в превращениях и деформации твердого тела.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физика конденсированного состояния» относится к обязательной части модуля профессиональных дисциплин. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются знания дифференциального и интегрального исчисления, основ физики металлов, умения определить физический смысл свойств, полученных при изучении дисциплин «Физика», «Физическая химия», «Кристаллография», «Методы структурного анализа материалов» и служит основой для освоения дисциплин «Моделирование и оптимизация свойств материалов и процессов», «Теория и технологии получения порошковых материалов и изделий», «Сплавы с особыми свойствами», «Цветные металлы и сплавы».

3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ОПК–1.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности	знать: математический анализ, естественнонаучные и инженерные знания уметь: использовать естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности владеть: знаниями математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности

	<p>ОПК-1.2. Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач</p>	<p>знать: типовые методы и способы выполнения профессиональных</p> <p>уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных</p> <p>владеть: типовыми методами и способами выполнения профессиональных задач</p>
	<p>ОПК-1.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и общеинженерных дисциплин</p>	<p>знать: методы выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа,</p> <p>уметь: выбрать оптимальные методы решения профессиональных задач</p> <p>владеть: навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач</p>
<p>ПК-1. Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>ПК-1.1. Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки</p> <p>уметь: анализировать несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки</p> <p>владеть: навыками анализа несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>
	<p>ПК-1.2. Участствует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p> <p>уметь: разрабатывать средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p> <p>владеть: разработкой средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p>
	<p>ПК-1.3. Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и</p>	<p>знать: текущий контроль несложных и сложных технологических процессов</p> <p>уметь: обеспечить текущий контроль несложных и сложных технологических</p>

	управления ими	процессов владеть: текущим контролем несложных и сложных техно- логических процессов
--	----------------	---

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
Общая учебная нагрузка (всего)	144 (4 зач. ед)	144 (4 зач. ед)
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего) в том числе:	75	10
Лекции	45	6
Семинарские занятия	–	–
Практические занятия	30	4
Лабораторные работы	–	–
Курсовая работа (курсовой проект)	–	–
Другие формы и методы организации образовательного процесса	–	–
Самостоятельная работа студента (всего)	69	134
Форма аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Содержание разделов дисциплины

Тема 1. Вводная лекция. Цели и задачи дисциплины. Общие понятия и определения.

Тема 2. Виды конденсированных состояний: по типу химической связи, по организации атомной структуры. Электронное строение металлов. Взаимосвязь свойств металла с конденсированным состоянием.

Тема 3. Межатомные силы взаимодействия. Ионная, ковалентная, металлическая, Ван-дер-Ваальсова связи. Примеры, определение

Тема 4. Строение жидкости. Свойства. Классификация Бернала агрегатных состояний материи. Теория Ван-дер-Ваальса о природе жидкости. Теория Я.И. Френкеля о природе жидкости. Простые жидкости, ячеечная теория жидкости. Метод коррелятивных функций в теории жидкости. Функция атомного распределения в жидкости. Ближний и дальний порядок. Потенциал межмолекулярного взаимодействия.

Тема 5. Твердые и аморфные тела. Кристаллическое строение твердых тел. Жидкие кристаллы.

Тема 6. Условия равновесия фаз. Термодинамика процессов равновесия. Плавление.

Тема 7. Основные закономерности процесса кристаллизации. Гомогенное образование центров кристаллизации. Гетерогенное зарождение центров кристаллизации. Скорость зарождения центров кристаллизации. Кинетика роста центров кристаллизации. Размер и форма кристаллов литого металла.

Тема 8. Твердые растворы. Типы твердых растворов. Закон Вегарда. Взаимная растворимость металлов. Условия образования непрерывного ряда твердых растворов и разрыва непрерывности. Упорядоченные твердые растворы. Степень дальнего порядка в твердых растворах. Определение внутренней энергии твердого раствора. Определение энтропии и свободной энергии твердого раствора. Определение температурной зависимости степени дальнего порядка. Ближний порядок в твердых растворах.

Тема 9. Процессы диффузии в сплавах. Вывод первого уравнения Фика на основе атомной теории диффузии. Физический первый смысл уравнения Фика. Вывод второго уравнения Фика на основе термодинамической теории диффузии. Физический смысл второго уравнения Фика. Физический смысл коэффициентов диффузии и самодиффузии. Зависимости коэффициента диффузии от температуры. Механизмы диффузии в металлах. Влияние дислокаций на диффузию.

Тема 10. Дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты. Вакансия, ее энергия и энтропия. Подвижность вакансий и самодиффузия. Группы вакансий и межузельные атомы.

Тема 11. Дислокации. Определения, контур и вектор Бюргерса. Краевые и винтовые дислокации. Геометрические свойства дислокаций: непрерывность, дислокационные реакции, аннигиляция. Поле напряжения дислокаций. Действие внешних сил на дислокацию. Взаимодействие дислокаций. Пересечение дислокаций и образование ступенек. Подвижность дислокаций.

Тема 12. Дефекты упаковки. Расщепление дислокаций. Дефекты упаковки и их энергия. Расщепление дислокаций под напряжением. Двойникование. Двойникоующие дислокации. Сток вакансий на дефекты упаковки

Тема 13. Субзеренные границы. Группировки дислокаций. Представление деформации через перемещение дислокаций. Поле и энергия границы. Конечная граница и ее рост, полигонизация. Дисклинации. Условия формирования границы зерна из дислокации.

Тема 14. Границы зерен и фаз. Поверхность кристалла. Энергия. Реконструкция. Строение границы зерна. Способы движения границ: миграция, проскальзывание, вакансионная ползучесть. Неконсервативность. Зерногра-

ничная диффузия. Сегрегации примеси и включения в границах. Их кинетика. Система границ в поликристалле и ее эволюция.

4.3. Лекции

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Вводная лекция. Цели и задачи дисциплины	2	1
2	Виды конденсированных состояний. Электронное строение металлов	2	1
3	Межатомные силы взаимодействия	2	–
4	Строение жидкости.	2	–
5	Твердые и аморфные тела	2	
6	Условия равновесия фаз. Термодинамика процессов равновесия	4	
7	Основные закономерности процесса кристаллизации	2	1
8	Твердые растворы	4	1
9	Процессы диффузии в сплавах	4	1
10	Дефекты кристаллической решетки	4	1
11	Дислокации	5	
12	Дефекты упаковки	4	
13	Субзеренные границы.	4	
14	Границы зерен и фаз	4	
Итого:		45	6

4.4. Практические занятия

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Строение атома и межмолекулярные связи	2	–
2	Строение и свойства жидкостей	2	–
3	Энергетические параметры кристаллизация	4	2
4	Изучение процесса кристаллизаций	4	–
5	Твердые растворы	6	–
6	Диффузия в металлах и сплавах	6	2
7	Дефекты кристаллической решетки	6	-

Итого:	30	4
---------------	-----------	----------

4.5. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Название темы	Вид СРС	Объем часов	
			Очная форма	Заочная форма
1	Практические занятия № 1-7	Подготовка к практическим занятиям, изучение методики выполнения практических занятий, оформление отчетов	14	16
2	Вводная лекция. Цели и задачи дисциплины	Самостоятельный поиск источников информации, анализ, структурирование, изучение информации.	2	10
3	Виды конденсированных состояний. Электронное строение металлов		6	10
4	Межатомные силы взаимодействия		6	10
5	Строение жидкости.		6	10
6	Твердые и аморфные тела		6	10
7	Условия равновесия фаз. Термодинамика процессов равновесия		6	10
8	Основные закономерности процесса кристаллизации		6	10
9	Твердые растворы		6	10
10	Процессы диффузии в сплавах		4	20
11	Дефекты кристаллической решетки		4	
12	Дислокации		2	
13	Дефекты упаковки		2	
14	Субзеренные границы.		2	
15	Границы зерен и фаз		2	
16	Подготовка к экзамену		Повторение теоретического материала дисциплины	24
Итого:			96	134

4.6. Курсовые работы/проекты по дисциплине «Физика конденсированного состояния» учебным планом не предусмотрены.

5. Образовательные технологии

С целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся, необходимо использовать инновационные образовательные технологии при реализации различных видов аудиторной работы в сочетании с внеаудиторной. Используемые образовательные технологии и методы должны быть направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активизацию и реализацию личностного потенциала.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;
- технология развивающего обучения, в том числе постановка и решение задач от менее сложных к более сложным, развивающих компетенции студентов;
- технология адаптивного обучения, в том числе проведение консультаций преподавателя;
- информационные технологии: использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект, размещенный во внутренней сети и т.п.) при подготовке к лекциям, практическим и лабораторным занятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Физическое металловедение / Под ред. Р. Канна. Т. 2. - М: Мир, 1967. - 330 с.
2. Физика металлов / Белоус М.В., Браун М.П. - К.: Вища шк., 1986. - 343 с.
3. Ермаков С. С. Физика металлов и дефекты кристаллического строения. - Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1989. - 280 с.
4. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов. - М.: Атомиздат, 1978. - 352 с.
5. Дефекты кристаллического строения / Новиков И. И. - М.: Metallургия, 1983. - 232 с.

б) дополнительная литература:

1. Металлические расплавы и их свойства / Арсентьев П.П., Коледов Л. А. - М.: Metallургия, 1976. - 376 с.
2. Научные основы материаловедения / Арзамасов Б.Н., Крашенинников А.И., Пастухова Ж.П., Рахштадт А.Г. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. - 366 с.

в) методические рекомендации:

1. Методические рекомендации к практическим занятиям по дисциплине «Физика конденсированного состояния» для студентов направления «Материаловедение и технологии материалов» /Сост.: Л.А. Рябичева. Луганск: Изд-во ЛНУ им. Даля, 2022.

г) Интернет-ресурсы:

- Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>
- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – <http://window.edu.ru/>
- ГОСТы и стандарты – <https://standartgost.ru/>

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

- Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>
- Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» – <https://www.studmed.ru>

Информационный ресурс библиотеки образовательной организации:

- Научная библиотека имени А. Н. Коняева – <http://biblio.dahluniver.ru/>

Научные журналы:

- Университетская библиотека On-line – <http://www.biblioclub.ru>
- Научная электронная библиотека eLIBRARY – <http://elibrary.ru>
- Навигатор по профессиональным электронным ресурсам – http://www.spsl.nsc.ru/win/nelbib/nav_ei.htm

7. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Освоение дисциплины «Физика конденсированного состояния» предполагает использование академических аудиторий и компьютерного класса, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций/слайдов, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедиапроектор, экран, компьютер/ноутбук).

Практические занятия: компьютеры с доступом в Интернет и установленным необходимым ПО.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет, рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде и т.п.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	Firefox Mozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx

Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	Far Manager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплеер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

8. Оценочные средства по дисциплине

Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Физика конденсированного состояния» Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1	ОПК-1.	Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ОПК-1.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности	Тема 1. Основные термины и определения Тема 2. Виды конденсированных состояний. Электронное строение металлов	4
			ОПК-1.2. Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач	Тема 3. Межатомные силы взаимодействия	

			<p>ОПК-1.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p>	<p>Тема 4. Строение жидкости. Тема 5. Твердые и аморфные тела</p>	
2	ПК-1.	Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки	<p>ПК-1.1. Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки</p>	<p>Тема 6. Условия равновесия фаз. Термодинамика процессов равновесия Тема 7. Основные закономерности процесса кристаллизации. Границы зерен и фаз</p>	4
			<p>ПК-1.2. Участует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>Тема 10. Дефекты кристаллической решетки Тема 8. Твердые растворы Тема 13. Субзеренные границы</p>	
			<p>ПК-1.3. Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и управления ими</p>	<p>Тема 9. Процессы диффузии в сплавах Тема 11. Дислокации Тема 12. Дефекты упаковки</p>	

Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
1	ОПК-1. Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания	ОПК–1.1. Демонстрирует знания математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности	знать: математический анализ, естественнонаучные и инженерные знания уметь: использовать естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности владеть: знаниями математического анализа, естественнонаучные и инженерные знания для успешного выполнения профессиональной деятельности	Тема 1. Основные термины и определения Тема 2. Виды конденсированных состояний. Электронное строение металлов	Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен
		ОПК–1.2. Использует типовые методы и способы выполнения профессиональных задач	знать: типовые методы и способы выполнения профессиональных уметь: использовать типовые методы и способы выполнения профессиональных владеть: типовыми методами и способами выполнения профессиональных задач	Тема 3. Межатомные взаимодействия	Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен

		<p>ОПК-1.3. Владеет навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, естественнонаучных и инженерных дисциплин</p>	<p>знать: методы выбора оптимальных методов решения профессиональных задач на основе знаний методов моделирования, математического анализа, уметь: выбрать оптимальные методы решения профессиональных задач владеть: навыками выбора оптимальных методов решения профессиональных задач</p>	<p>Тема 4. Строение жидкости. Тема 5. Твердые и аморфные тела</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен</p>
2	<p>ПК-1. Способен организовывать и проводить мероприятия по автоматизации и механизации технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>ПК-1.1. Анализирует несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки уметь: анализировать несложные и сложные технологические процессы термической и химико-термической обработки владеть: навыками анализа несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>Тема 6. Условия равновесия фаз. Термодинамика процессов равновесия Тема 7. Основные закономерности процесса кристаллизации. Границы зерен и фаз</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен</p>

		<p>ПК-1.2. Участвует в разработке средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки</p>	<p>знать: средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов уметь: разрабатывать средства автоматизации для несложных и сложных технологических процессов владеть: разработкой средств автоматизации для несложных и сложных технологических процессов</p>	<p>Тема 10. Дефекты кристаллической решетки Тема 8. Твердые растворы Тема 13. Субзеренные границы</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен</p>
		<p>ПК-1.3. Обеспечивает текущий контроль несложных и сложных технологических процессов термической и химико-термической обработки и управления ими</p>	<p>знать: текущий контроль несложных и сложных технологических процессов уметь: обеспечить текущий контроль несложных и сложных технологических процессов владеть: текущим контролем несложных и сложных технологических процессов</p>	<p>Тема 9. Процессы диффузии в сплавах Тема 11. Дислокации Тема 12. Дефекты упаковки</p>	<p>Вопросы для сдачи практических занятий, экзамен</p>

Задания для практических занятий

Практическое занятие №1. Строение атома и межмолекулярные связи

Задание. Изучить структурную модель атома. Изучить связи атомных соединений.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Объясните структурную модель атома.
2. Чем объясняется состояние электрона в атоме?
3. Что такое главное квантовое число?
4. Что такое орбитальное квантовое число?
5. Что такое магнитное квантовое число?
6. Что такое спиновое квантовое число?
7. Объясните принцип Паули.
8. Как квантовые числа связаны с Периодической системой?

9. Сколько в Периодической системе металлов?
10. Чем обусловлены силы связи в кристаллах?
11. Что такое ковалентная связь?
12. Что такое ионная связь?
13. Что такое металлическая связь?
14. Что такое связь Ван-дер-Ваальса?

Практическое занятие №2. Строение и свойства жидкостей

Задание. Изучение свойств жидкостей и их отличий от свойств газообразного и твердого вещества;

Расчет сил взаимодействия между частицами жидкости. Построение межмолекулярного потенциала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое жидкость?
2. Объясните свойства жидкости.
3. Какие свойства общие для жидкостей и газов?
4. Какие свойства общие для жидкостей и твердых тел?
5. Что такое сжимаемость?
6. Что такое сублимация?
7. Что такое межмолекулярный потенциал, что он характеризует?
8. Что отличается теория жидкостей Ван-дер-Ваальса от теории Я.И. Френкеля?
9. Что такое энергия активации?
10. Объясните ячеечную теорию жидкости

Практическое занятие №3. Энергетические параметры кристаллизация

Задание. Изучить основные характерные явления процесса кристаллизации, научиться рассчитывать его энергетические параметры

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое кристаллизация?
2. При каком условии может возникнуть новое конденсированное состояние вещества?
3. Что такое степень переохлаждения, степень перегрева?
4. Объясните графическую зависимость свободной энергии вещества от температуры.
5. Объясните условие возникновения центров кристаллизации.
6. Как изменяется полная свободная энергия при самопроизвольном образовании центров кристаллизации?
7. Что такое зародыш критического размера, как определить его величину?
8. Объясните условия не самопроизвольного образования центров кристаллизации.
9. Что такое модифицирование?
10. Что такое линейная скорость роста?

Практическое занятие №4. Изучение процесса кристаллизаций

Задание. изучить процесс первичной и вторичной кристаллизации материала; научиться строить кривые нагрева и охлаждения поли- и изоморфного материала.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое первичная кристаллизация?
2. Из каких стадий состоит первичная кристаллизация?
3. Какое условие необходимо для протекания первичной кристаллизации?
4. Что такое степень переохлаждения?
5. Как влияет степень переохлаждения на величину зерна?
6. Что такое градиент температур и как он влияет на процесс кристаллизации?
7. Что такое дендритное строение?
8. Какие зоны наблюдаются в структуре металлического слитка?

9. Что влияет на размер зерна в структуре металлического слитка?
10. Какие участки слитка являются дефектными?
11. Что такое вторичная кристаллизация?
12. Что такое аллотропия?
13. Что такое полиморфное превращение?
14. Как обозначаются аллотропические формы металла?

Практическое занятие №5. Твердые растворы

Задание. Определить тип твердого раствора и его кристаллической решетки; освоить метод определения типа твердого раствора в ходе полного воспроизведения расчетной части и анализа для серии сплавов.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое твердый раствор?
2. Какая кристаллическая решетка обычно бывает у твердого раствора: растворителя или растворенного компонента?
3. Что такое твердый раствор внедрения и твердый раствор замещения?
4. Какие компоненты образуют твердые растворы внедрения и замещения?
5. Какой способностью к взаимной растворимости обладают твердые растворы внедрения и замещения?
6. Что такое период кристаллической решетки твердого раствора?
7. Объясните закон Вегарда.
8. Какой период кристаллической решетки может быть у твердого раствора?
9. Как записывается закон Вегарда для твердого раствора замещения?

Практическое занятие №6. Диффузия в металлах и сплавах

Задание. Изучить процессы диффузии в связи со структурными характеристиками металлов и металлических материалов на атомном уровне.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое диффузия?
2. Объясните первый закон Фика.
3. Что такое градиент концентраций?
4. Что такое коэффициент диффузии?
5. Что такое термодинамический множитель?
6. Какая размерность коэффициента диффузии?
7. Объясните второй закон Фика.
8. Объясните применение граничных условий при использовании второго закона Фика.
9. Что такое функция ошибок Гаусса?
10. Объясните уравнение Аррениуса

Практическое занятие №7. Дефекты кристаллической решетки

Задание. Изучить виды дефектов кристаллического строения; выполнить расчеты характеристик дефектов структуры.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите дефекты кристаллической решетки.
2. Что такое вакансии?
3. Как определить концентрацию вакансий и их энергию?
4. Что такое дислокация?
5. Охарактеризуйте краевую дислокацию. Что такое вектор сдвига и линия дислокации? Какие свойства краевой дислокации?
6. Охарактеризуйте винтовую дислокацию. Что такое вектор сдвига и линия дислокации? Какие свойства винтовой дислокации?
7. Назовите виды движения краевой дислокации.

8. Назовите виды движения винтовой дислокации.
9. Что такое вектор и контур Бюргерса?
10. Как определить плотность дислокаций?

**Критерии и шкала оценивания по оценочному средству
«практические занятия»**

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
отлично (5)	Обучающийся полностью и правильно выполнил задание. Показал отличные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Работа оформлена аккуратно в соответствии с предъявляемыми требованиями
хорошо (4)	Обучающийся выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хорошие знания, умения и владения навыками применения их при решении задач в рамках усвоенного учебного материала. Есть недостатки в оформлении работы
удовлетворительно (3)	Обучающийся выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания, умения и владения навыками применения их при решении задач
неудовлетворительно (2)	Обучающийся выполнил задание неправильно. При выполнении обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и владения ими при решении задач в рамках усвоенного учебного материала

Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

ТЕСТ 1

1. Объясните структурную модель атома.
2. Какие свойства общие для жидкостей и газов?
8. Объясните условия не самопроизвольного образования центров кристаллизации.
4. Как влияет степень переохлаждения на величину зерна?
5. Какой металл называется поли- и изоморфным?
6. Что такое кластер?
7. Объясните уравнение Аррениуса.
8. Охарактеризуйте винтовую дислокацию. Что такое вектор сдвига и линия дислокации? Какие свойства винтовой дислокации?
9. Изобразите ГЦК решетку и назовите ее координационное число.
10. Определить скорость зарождения центров при кристаллизации железа при переохлаждениях 10 и 100⁰С, если скрытая теплота плавления 15·10³ Дж/см³, а поверхностная энергия 204·10⁻⁷ Дж/см², энергия активации самодиффузии – 2,8·10⁻⁷ Дж/см³.

ТЕСТ 2

1. Что такое ковалентная связь?
2. Объясните свойства жидкости.
3. При каком условии может возникнуть новое конденсированное состояние вещества?
4. Что такое степень переохлаждения?
5. Как обозначаются аллотропические формы металла?

6. Как рассчитать электростатическую потенциальную энергию взаимодействия положительно заряженных ионов со свободными электронами?
7. Изобразите ОЦК решетку и назовите ее координационное число.
8. Какая размерность коэффициента диффузии?
9. Охарактеризуйте краевую дислокацию. Что такое вектор сдвига и линия дислокации? Какие свойства краевой дислокации?
10. Построить кривую нагрева для гафния, имеющего ГПУ решетку до температуры устойчивого состояния 1760°C и ОЦК – в интервале $1760-2222^{\circ}\text{C}$. На кривой нагрева указать критические точки. В каждом интервале температур указать аллотропическую форму в виде символа элемента и индекса, тип кристаллической решетки.

ТЕСТ 3

1. Что такое главное квантовое число?
2. Что такое жидкость?
3. Объясните физический смысл степени переохлаждения и степени перегрева?
4. В каких координатах строятся кривые нагрева и охлаждения?
5. Объясните применение граничных условий при использовании второго закона Фика.
6. Что влияет на размер зерна в структуре металлического слитка?
7. Назовите дефекты кристаллической решетки.
8. Объясните вакансионный механизм диффузии.
9. Как определяется полная энергия металлического тела?
10. Построить кривую охлаждения для лития, имеющего ОЦК решетку, температуру плавления $180,5^{\circ}\text{C}$. На кривой охлаждения указать критические точки. Указать аллотропическую форму в виде символа элемента и индекса, тип кристаллической решетки.

ТЕСТ 4

1. Что такое орбитальное квантовое число?
2. Какие свойства общие для жидкостей и твердых тел?
3. Объясните графическую зависимость свободной энергии вещества от температуры.
4. Как выглядит кривая охлаждения металла, если теплота кристаллизации больше теплоты охлаждения?
5. Что такое дендритное строение?
6. Что такое термодинамический множитель?
7. Что такое критический размер зародыша при кристаллизации?
8. Как определить концентрацию вакансий и их энергию?
9. В каком случае энергия активации больше: при поверхностной или объемной диффузии?
10. Определите действительную температуру кристаллизации иридия, если его температура плавления 2443°C .

ТЕСТ 5

1. Что такое магнитное квантовое число?
2. Что такое сжимаемость?
3. Какое условие необходимо для протекания первичной кристаллизации?
4. Как изменяется полная свободная энергия при самопроизвольном образовании центров кристаллизации?
5. Объясните первый закон Фика.
6. Что такое коэффициент самодиффузии?
7. Как определить концентрацию межузельных атомов и их энергию?
8. Что такое модифицирование?

9. Дайте характеристику ГПУ решетки.

10. Определить энергетический барьер зарождения центров при гетерогенной кристаллизации, если угол смачивания составляет 45° , поверхностное натяжение на границе кристалл – жидкий металл составляет $102 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², удельная свободная энергия – 8500 Дж/см³.

ТЕСТ 6

1. Что такое спиновое квантовое число?

2. Что такое сублимация?

3. Объясните условие возникновения центров кристаллизации.

4. Что такое зародыш критического размера, как определить его величину?

5. Из каких стадий состоит первичная кристаллизация?

6. Что такое градиент концентраций вещества?

7. Что такое вакансии?

8. Объясните уравнение состояния металлического тела.

9. Назовите основные характеристики кубической решетки.

10. При введении вольфрама в чугун энергетический барьер зарождения зародышей кристаллизации уменьшился. Определите величину уменьшения энергетического барьера зарождения зародышей кристаллизации, если поверхностное натяжение составляет $260 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², удельная объемная свободная энергия равна 580 Дж/см², угол смачивания 55° . Энергетический барьер зарождения центров кристаллизации чугуна составляет $150 \cdot 10^{-6}$ Дж/см².

ТЕСТ 7

1. Объясните принцип Паули.

2. Что такое межмолекулярный потенциал, что он характеризует?

3. Что такое линейная скорость роста центров кристаллизации?

4. Что такое градиент температур и как он влияет на процесс кристаллизации?

5. Какая прочность кристаллов больше теоретическая или экспериментальная и почему?

6. Физический смысл коэффициент диффузии?

7. Как определить плотность дислокаций?

8. Как назначить индексы кристаллографическим плоскостям?

9. Чем отличаются вакансии по Френкелю и Шоттки?

10. Определите скорость зарождения центров кристаллизации в объеме 150 мм³ за время равное $0,3 \cdot 10^{-5}$ с, если удельная объемная свободная энергия серебра составляет $16 \cdot 10^{-6}$ Дж/см² при температуре плавления $960,5^\circ\text{C}$.

ТЕСТ 8

1. Как квантовые числа связаны с Периодической системой Менделеева?

2. Что отличается теория жидкостей Ван-дер-Ваальса от теории Я.И. Френкеля?

3. Что такое энергия активации процесса кристаллизации?

4. Как рассчитать величину энергетического барьера зарождения центров кристаллизации?

5. Какие зоны наблюдаются в структуре металлического слитка?

6. Что такое диффузия?

7. Объясните зависимость энергии и давления металлического тела от расстояния между атомами.

8. Объясните вакансионный механизм диффузии.

9. Что такое вектор и контур Бюргерса?

10. Определить величину энергетического барьера зарождения при кристаллизации меди при степени переохлаждения $\Delta E=10$ К, энергии поверхностного натяжения $108 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², если его скрытая теплота плавления составляет 7000 Дж/см³.

ТЕСТ 9

1. Сколько в Периодической системе Менделеева металлов?
2. Объясните ячеичную теорию жидкости.
3. Как зависит скорость зарождения центров кристаллизации от температуры?
4. Объясните влияние угла смачивания на процесс кристаллизации при самопроизвольном образовании центров кристаллизации.
5. Какие участки слитка являются дефектными?
6. Запишите уравнение состояния металлического тела.
7. Что такое градиент концентраций вещества?
8. Какие условия необходимы для развития диффузии в металлическом теле?
9. Что такое мало- и большеугловые границы?
10. Определите действительную температуру кристаллизации золота, если его температура плавления равна 1064⁰С.

ТЕСТ 10

1. Чем обусловлены силы связи в кристаллах?
2. Что такое потенциал Леннарда-Джонса, что он характеризует?
3. Какое условие необходимо выполнить для возникновения нового состояния вещества?
4. Из каких видов энергии состоит энергия металлического тела?
5. Что такое аллотропия?
6. Объясните второй закон Фика.
7. Назовите виды объемных дефектов металла.
8. Объясните действие источника Франка-Рида.
9. Постройте кривую охлаждения металла, если теплота кристаллизации равна теплоте охлаждения.
10. Определить величину зародыша критического размера для меди при $\Delta T=10$ К и $\sigma = 108 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², если его скрытая теплота плавления составляет 7000 Дж/см³.

ТЕСТ 11

1. Что такое ионная связь?
2. Что такое коррелятивная функция?
3. Что такое первичная кристаллизация?
4. Какие условия самопроизвольного образования центров кристаллизации необходимо выдержать?
5. Что происходит на ступеньке кривой охлаждения?
6. Что такое энергия активации, в каких единицах она измеряется?
7. Что такое смешанная дислокация?
8. Постройте кривую охлаждения металла, если теплота кристаллизации меньше теплоты охлаждения.
9. Как получить аморфное состояние вещества?
10. Определить величину зародыша критического размера для золота при $\Delta T=30^0$ С и $\sigma = 110 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², если его скрытая теплота плавления составляет 8000 Дж/см³.

ТЕСТ 12

1. Что такое металлическая связь?
2. Что такое функция радиального распределения? Приведите пример.
3. Чему должна равняться степень переохлаждения, чтобы получить новое состояние вещества?
4. Объясните полиморфное превращение металла.
5. Объясните зависимость скорости зарождения центров кристаллизации от степени переохлаждения.
6. Объясните температурную зависимость коэффициента диффузии.
7. Как определить плотность дислокаций?
8. Что такое флокены и газовые пузыри?
9. Назовите дефектные участки слитка.
10. Определить энергетический барьер зарождения центров при гетерогенной кристаллизации, если угол смачивания составляет 45° , поверхностное натяжение на границе кристалл – жидкий металл составляет $85 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², удельная свободная энергия – 20000 Дж/см³.

ТЕСТ 13

1. Какие конденсированные состояния вещества известны?
2. Сущность ионной связи.
3. Объясните зависимость скорости роста зародыша кристаллизации от степени переохлаждения для трех случаев роста.
4. Элементарная кристаллическая решетка. Параметры решетки
5. Понятие теоретической прочности кристалла.
6. Физический смысл первого уравнения Фика.
7. Назовите механизмы диффузии.
8. Какие точечные дефекты кристаллической решетки Вы знаете?
9. Что такое энергия активации диффузионных процессов?
10. Определить скорость зарождения центров при кристаллизации железа при переохлаждениях 10 и 100⁰С, если скрытая теплота плавления $15 \cdot 10^3$ Дж/см³, а поверхностная энергия $204 \cdot 10^{-7}$ Дж/см², энергия активации самодиффузии – $2,8 \cdot 10^{-7}$ Дж/см³.

ТЕСТ 14

1. Назовите типы связей в кристалле.
2. Сущность теории строения жидкостей Френкеля.
3. В чем заключается гомогенное образование центров кристаллизации?
4. Как определить критическую величину зародыша, от чего она зависит?
5. Какие методы изучения диффузии существуют?
6. Назовите плотно- и неплотноупакованные кристаллические решетки.
7. Как объяснить второе уравнение Фика на основе атомной теории диффузии?
8. Как определить энергетический барьер зарождения центров кристаллизации при гомогенной кристаллизации?
9. Объясните смешанную дислокацию.
10. Построить кривую нагрева для бериллия, имеющей ГПУ решетку до температуры устойчивого состояния 1256⁰С и ОЦК решетку в интервале 1256-1289⁰С. На кривой нагрева указать критические точки. В каждом интервале температур указать аллотропическую форму в виде символа элемента

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству – «экзамен»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объеме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в устной или письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в устной или письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно четкие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в устной или письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)