

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 09 » октября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физическое материаловедение
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 288 (8)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
(код и наименование направления)

Направленность: Материаловедение и технологии материалов (общий профиль,
СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - ознакомление с теоретическими положениями о кристаллическом состоянии вещества, элементах симметрии кристаллических многогранников, привитие практических навыков и умений кристаллографического анализа кристаллических структур; формирование научно – обоснованного общего представления о строении твёрдых тел и его влиянии на физические, механические, тепловые, электрические и магнитные свойства.

Задачи:

1. Изучение теоретических основ кристаллографии, типов кристаллических структур, систем идентификации кристаллов;
2. Изучение классификации твёрдых тел и влияния их структуры на свойства.
3. Уметь использовать методы изображения кристаллов с помощью кристаллографических проекций;
4. Уметь интерпретировать результаты физических измерений;
5. Владеть навыками кристаллографического анализа кристаллических структур;
6. Владеть методами расчётов свойств твёрдых тел.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

кристаллические тела;
точечные и пространственные группы симметрии кристаллов.
методы описания структуры кристаллических решеток, кристаллографического индицирования
физические и механические свойства кристаллических твердых тел;
методы выращивания монокристаллов.
природа электропроводности, теплоёмкости, теплопроводности, магнитных, оптических свойств твёрдых тел.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.4	ИД-1ПК-1.4	<p>Знает основные законы кристаллографии и симметрии кристаллических многогранников;</p> <p>Знает элементы симметрии кристаллических многогранников и кристаллических структур;</p> <p>кристаллографические категории, сингонии и типы плотнейших упаковок частиц в структурах.</p> <p>Знает методы выращивания монокристаллов.</p> <p>Знает классификацию твёрдых тел по электрическим, механическим, магнитным свойствам;</p> <p>Знает теорию упругой и пластической деформации твёрдых тел;</p> <p>Знает теорию тепловых свойств твёрдых тел;</p> <p>Знает зонную теорию твёрдых тел.</p>	<p>Знает основные закономерности протекания химических процессов и гетерогенных взаимодействий, законы физикохимии конденсированного состояния, особенности физико-химических процессов, протекающих в материалах при взаимодействии с окружающей средой</p>	Экзамен
ПК-1.4	ИД-2ПК-1.4	<p>Умеет использовать методы кристаллографического индентирования и проецирования кристаллов для описания структуры кристаллических тел;</p> <p>Умеет решать кристаллографические задачи с использованием сетки Вульфа.</p> <p>Умеет предсказывать механические, электрические, магнитные свойства кристаллических твёрдых тел исходя из их структуры и типа связи;</p> <p>Умеет объяснять тепловые, электрические и магнитные свойства</p>	<p>Умеет выполнять термодинамические расчеты, описывать кинетику химических процессов, применять основные законы и теории физического материаловедения в экспериментальных исследованиях и профессиональной деятельности</p>	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		твёрдых тел.		
ПК-1.4	ИД-3ПК-1.4	Владеет навыками выполнения кристаллографического анализа структуры материала; Владеет навыками выращивания кристаллов из растворов. Владеет навыками вычисления физических, механических, тепловых, электрических свойств твёрдых тел; Владеет навыками определения электропроводности металлов и полупроводников при различных температурах, тепловых свойств твёрдых тел.	Владеет навыками использования методов физической химии, физического материаловедения к описанию, анализу и экспериментальному исследованию физических и химических систем, процессов и явлений	Защита лабораторной работы

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	6
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	105	45	60
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	42	18	24
- лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	25	9	16
- контроль самостоятельной работы (КСР)	6	2	4
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	147	63	84
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	288	108	180

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
5-й семестр				
Введение	1	0	0	2
Кристаллография как наука. Основные этапы зарождения, становления и развития науки о кристаллах. Роль русских и зарубежных ученых в развитии кристаллографических наук. Понятие о кристалле, кристаллическом и аморфном веществах.				
Структура кристалла и пространственная решетка.	2	0	4	10
Метод кристаллографического индицирования. Символы узлов, Символы рядов (ребер). Символы плоскостей (граней). Параметры Вейсса и символы Миллера. Особенности индицирования в кристаллах гексагональной сингонии. Закон целых чисел. Закон зон (поясов) – закон Вейсса. Условие зональности.				
Кристаллографические проекции	2	4	0	6
Закон постоянства углов. Кристаллический и полярный комплексы. Методы графического проецирования кристаллов. Соотношения между проекциями. Сетка Вульфа. Кристаллографические задачи, решаемые с помощью сетки Вульфа.				
Симметрия кристалла	4	4	0	8
Понятие о симметрии кристаллов. Элементы симметрии кристаллических многогранников. Взаимодействия операций (элементов) симметрии. Теоремы о сочетании операций симметрии. Кристаллографические категории, сингонии и системы координат. Классы симметрии. Точечные группы симметрии. Формы кристаллов.				
Структура кристаллов и элементы симметрии кристаллических структур.	2	0	3	6
Пространственная решетка. Типы решетки Бравэ. Условия выбора ячейки Бравэ. Трансляционная группа и базис ячейки Бравэ. Представление об элементах симметрии кристаллических структур. Теоремы о сочетании операций симметрии структур. Пространственные группы симметрии.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Элементы кристаллохимии	3	4	0	8
Атомные и ионные радиусы. Координационное число и координационный многогранник. Число атомов в ячейке. Определение стехиометрической формулы вещества. Число формульных единиц. Типы химической связи в структурах. Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Геометрический характер структур. Типы плотнейших упаковок частиц в структурах. Основные структурные типы кристаллов. Полиморфизм. Политипия. Изоморфизм.				
Элементы кристаллофизики	2	0	0	3
Кристаллическое вещество как сплошная однородная анизотропная среда. Симметрия физических свойств кристаллов. Предельные группы симметрии (группы Кюри). Принцип Кюри-Неймана. Принцип тензорного описания физических свойств кристалла. Скалярные, векторные и тензорные физические свойства кристаллов. Физические свойства кристаллов.				
Кристаллогенезис	2	4	2	20
Общие сведения об образовании кристаллов. Механизмы роста и зарождения кристаллов. Факторы, влияющие на внешний облик кристаллов. Структурные дефекты в кристаллах. Реальные формы роста кристаллов. Различные типы срастаний кристаллов. Методы выращивания кристаллов.				
ИТОГО по 5-му семестру	18	16	9	63
6-й семестр				
Дефекты кристаллической решетки	3	4	2	7
Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Плотность дефектов в состоянии теплового равновесия. Стехиометрия. Дислокация. Плотность дислокаций.				
Механические свойства твердых тел	3	0	2	8
Механическое напряжение. Деформация. Закон Гука для изотропных тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Тензор деформации. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Хрупкое разрушение.				
Упругие волны	2	0	2	8
Колебательные моды одноатомной решетки. Линейная одноатомная цепочка. Колебания трехмерного кристалла. Число мод, плотность состояний. Колебательный спектр решетки с базисом. Нормальные колебания линейной				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
двухатомной цепочки. Трехмерный кристалл с многоатомным базисом.				
Модели теплоёмкости кристалла	2	4	0	8
Статистика фононов и теплоёмкость. Классическая модель для вычисления энергии решетки. Модель Эйнштейна. Модель Дебая. Уточнения модели Дебая. Тепловое расширение твёрдых тел.				
Теплопроводность	2	0	2	8
Решеточная теплопроводность и длина свободного пробега фононов. Ангармонические эффекты. Нормальные процессы и процессы переброса. Рассеяние фононов, обусловленное дефектами. Влияние - процессов на теплопроводность. Электронная теплопроводность в металлах и полупроводниках.				
Электроны в металлах	2	4	2	8
Распределение скоростей Максвелла – Больцмана. Упругое рассеяние и средняя длина свободного пробега, влияние температуры на подвижность носителей. Модель Друдэ. Модель Лоренца. Несостоятельность классических моделей.				
Зонная теория твёрдых тел	2	0	0	8
Движение электрона в самосогласованном поле. Разрешенные и запрещенные энергетические зоны. Металлы в зонной теории. Теплоемкость свободных электронов в металлах.				
Полупроводники	2	4	2	8
Собственная проводимость. Примесная проводимость, донорные и акцепторные полупроводники. Изменение концентрации и подвижности носителей с ростом температуры. Применение полупроводников. Эффект Холла.				
Диэлектрики	2	0	2	7
Механизмы электропроводности в диэлектриках. Влияние температуры на электропроводность диэлектриков. Свойства диэлектриков в сильных электрических полях.				
Диэлектрики	2	0	2	7
Диамagnetизм, парамагнетизм, ферромагнетизм, антиферромагнетизм, ферримагнетизм: свойства и природа возникновения. Магнитные домены.				
Сверхпроводимость	2	0	0	7
Свойства и условия возникновения сверхпроводимости. Высокотемпературные сверхпроводники. Основы теории Бардина-Купера-Шриффера. Проводимость на постоянном и переменном токе. Теплоемкость.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Сверхпроводимость и магнитные поля. Эффект Мейснера. Диамагнетизм сверхпроводников I и II рода. Куперовское спаривание. Применение сверхпроводимости.				
ИТОГО по 6-му семестру	24	16	16	84
ИТОГО по дисциплине	42	32	25	147

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение символов узлов, направлений и плоскостей методом кристаллографического индицирования.
2	Графическое построение направлений и плоскостей по известным индексам.
3	Анализ кристаллической структуры по модели.
4	Методы выращивания кристаллов.
5	Взаимосвязь химического состава, структуры и физических свойств кристалла.
6	Концентрация точечных дефектов в реальных кристаллах.
7	Расчёт напряженно-деформированного состояния изотропного тела.
8	Определение ширины запрещённой зоны полупроводника по температурной зависимости электропроводности.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Построение кристаллографических проекций и решение кристаллографических задач на сетке Вульфа.
2	Определение элементов симметрии кристаллических многогранников.
3	Определение характеристик кристаллических решеток на моделях кристаллических структур.
4	Выращивание кристаллов из раствора.
5	Определение радиуса атома, исходя из физических свойств и структуры твёрдого тела.
6	Определение коэффициента линейного термического расширения твёрдого тела.
7	Определение температурной зависимости электропроводности металла и полупроводника.
8	Исследование вольт-амперной характеристики полупроводникового диода.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия : учебник для вузов / Ю.К. Егоров-Тисменко. - Москва: Университет, 2005.	10
2	Епифанов Г. И. Физика твёрдого тела : учебное пособие для вузов / Г. И. Епифанов. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2010.	22

3	Павлов П. В. Физика твердого тела : учебник для вузов / П. В. Павлов, А. Ф. Хохлов. - Москва: Высш. шк., 2000.	46
4	Розин К. М. Практическая кристаллография : учебное пособие / К. М. Розин. - Москва: Изд-во МИСиС, 2005.	16
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Васильев Д.М. Кристаллография : учебник для вузов / Д.М. Васильев. - СПб: Изд-во СПбГТУ, 2003.	7
2	Винтайкин Б. Е. Физика твердого тела : учебное пособие для вузов / Б. Е. Винтайкин. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.	2
3	Новиков И.И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : учебник для вузов / И.И. Новиков, К.М. Розин. - Москва: Металлургия, 1990.	62
4	Шаскольская М. П. Кристаллография : учебник для вузов / М. П. Шаскольская. - Москва: Высш. шк., 1976.	3
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Винтайкин Б.Е. Физика твердого тела: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2006, 2008. 360 с.	https://e.lanbook.com/book/106609	сеть Интернет; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	LibreOffice 6.2.4. OpenSource, бесплатен.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Источник постоянного тока	1
Лабораторная работа	Комплекс "Фемтоскан"	1
Лабораторная работа	Миллиомметр	1
Лабораторная работа	Мультиметр	4
Лабораторная работа	Песь лабораторная	2
Лекция	Мультимедийный проектор, ноутбук	1
Практическое занятие	Комплекс "Фемтоскан"	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине
«Физическое материаловедение»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материаловедение и технологии авиационно-космических материалов
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Механика композиционных материалов и конструкций
Форма обучения:	Очная
Курс: 3	Семестр: 5, 6
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	8 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	288 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Зачет:	5 семестр
Экзамен:	6 семестр

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, обучающихся по дисциплине.

1.Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (5, 6-го семестров учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и дифференцированному зачёта. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1 - Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля						
	Текущий	Рубежный				Итоговый	
	ТК	ПК	ПЗ	ЛР	РГР	Зачет	Экзамен
Усвоенные знания							
- основные законы кристаллографии и симметрии кристаллических многогранников;	+	+				+	
- элементы симметрии кристаллических многогранников и кристаллических структур;	+	+				+	
- кристаллографические категории, сингонии и типы плотнейших упаковок частиц в структурах.	+	+				+	
- методы выращивания монокристаллов.	+	+	+			+	
- классификацию твёрдых тел по электрическим, механическим, магнитным свойствам;	+						+
- теорию упругой и пластической деформации твёрдых тел;	+						+
- теорию тепловых свойств твёрдых тел;	+						+
- зонную теорию твёрдых тел.	+						+
Освоенные умения							
- использовать методы кристаллографического индизирования и проецирования кристаллов для описания		+	+			+	

структуры кристаллических тел;							
- решать кристаллографические задачи с использованием сетки Вульфа				+		+	
- предсказывать механические, электрические, магнитные свойства кристаллических твёрдых тел исходя из их структуры и типа связи;							
- Объяснять тепловые, электрические и магнитные свойства твёрдых тел							
Приобретенные владения							
– навыками выполнения кристаллографического анализа структуры материала;				+		+	
- навыками выращивания кристаллов из растворов.				+			
-навыками вычисления физических, механических, тепловых, электрических свойств твёрдых тел;							+
-Навыками определения электропроводности металлов и полупроводников при различных температурах, тепловых свойств твёрдых тел.							

Примечание:

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме контрольной работы (контроль знаний по теме);

ПЗ – выполнение практических работ (оценка умений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка владения);

РГР – расчетно-графические работы (оценка умений и владений).

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета и экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ

(индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Текущему контролю подлежит посещаемость студентами аудиторных занятий.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится по каждому учебному модулю в следующих формах:

- защита лабораторных работ (модули 1-4);
- защита практических работ (модули 1-4);
- контрольные работы (тестирование) (модули 1-4).

2.2.1. Защита практических и лабораторных работ

Всего запланировано 8 практических и 8 лабораторных работ. Темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Результаты защиты лабораторных работ по 4-балльной шкале оценивания учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Контрольные работы (тестирование)

Согласно РПД запланировано 6 рубежные контрольные работы (тестирование) после изучения студентами учебных модулей дисциплины. Результаты рубежной контрольной работы по 4-балльной шкале оценивания знаний и умений учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Пример тестовых заданий приведен в ПРИЛОЖЕНИИ 1. Полный комплект тестов для рубежного тестирования хранится на кафедре ведущей дисциплины. Результаты рубежного тестирования по 4-балльной шкале оценивания знаний, умений учитываются при проведении промежуточной аттестации.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Промежуточная аттестация обучающихся ориентирована на оценку освоения заданных компетенций по достигнутым результатам обучения: приобретенным знаниям, умениям и навыкам. В конце изучения дисциплины для оценивания окончательных результатов обучения предусмотрена промежуточная аттестация в виде **зачета** в 5 семестре и **экзамена** в 6 семестре.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Зачет по дисциплине основывается на результатах текущего и рубежного контроля выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Полученные интегральные оценки за образовательные результаты заносятся в оценочный лист. Типовые шкала, критерии оценки и форма оценочного листа приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний для экзамена по дисциплине приведены в ПРИЛОЖЕНИИ 2.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые задания первого рубежного тестирования Т/КР:

1. Найти индексы плоскости $(h k l)$, отсекающей на координатных осях отрезки ma, nb, pc :

$$\frac{1}{2} - \frac{1}{2} 1; \quad 1 \frac{3}{4} 1; \quad -1 \frac{1}{2} 1;$$

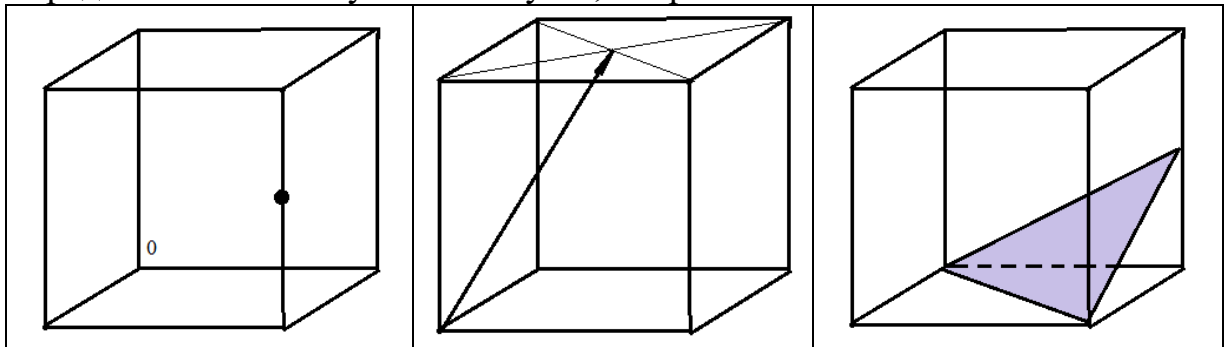
2. Найти индексы плоскости $(h k l)$, в которой находятся направления;
 $[233]$ и $[\bar{1} 01]$;

3. Принадлежит ли плоскость $(2\bar{2}3)$ зоне, если дана ось зоны $[1 \bar{1} 0]$;

4. Найти индексы направления, проходящего через узлы

$$[[231]] \text{ и } \left[\left[1 \frac{2}{3} 3 \right] \right];$$

5. Определите символы указанных узла, направления и плоскости.



6. Изобразите плоскость с индексами $(h k l)$ и направление с индексами, численно равными индексам данной плоскости: $(22\bar{1})$

Типовые задания второго рубежного тестирования Т/КР:

1. К симметричным преобразованиям не относится

- а) трансляция; б) поворот вокруг оси;
 в) инверсия г) сложение преобразований

2. Элементом симметрии второго рода является

- а) ось вращения б) плоскость зеркального отражения
 в) винтовая ось г) плоскость скользящего отражения

3. Порядок оси симметрии это

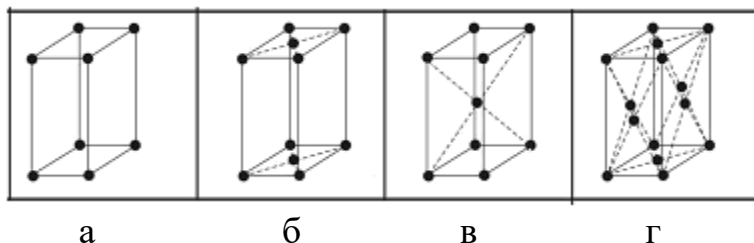
- а) Число, показывающее сколько осей симметрии содержится в данной фигуре;

- б) Число, показывающее сколько раз фигура совмещается сама с собой при полном ее повороте вокруг данной оси,

- в) Число, показывающее сколько осей симметрии высшего порядка содержится в данной фигуре;

- г) Число, равное элементарному углу поворот данной фигуры;

4. В кристаллах не может быть плоскостей симметрии в количестве
а) двух б) пяти в) семи г) восьми
5. Действие инверсионной оси симметрии четвертого порядка эквивалентно
а) действию зеркальной плоскости симметрии
б) действию центра симметрии
в) совместному действию центра симметрии и проходящей через него поворотной оси симметрии четвертого порядка
г) является одновременно поворотной осью второго порядка
6. Полный набор элементов симметрии, присущих данному кристаллу, называется его
а) группой симметрии, б) формулой симметрии,
в) классом симметрии, г) категорией симметрии.
7. Кристаллы делятся на категории в зависимости от
а) числа особых направлений,
б) симметрии элементарной ячейки,
в) того одинаковая ли у них система координат,
г) числа поворотных осей симметрии.
8. Низшей категории не относится сингония
а) триклинная б) ромбоэдрическая
в) ромбическая г) моноклинная
9. Характерными элементами симметрии, которые имеются у всех кристаллов кубической сингонии, являются
а) 3 оси симметрии 4-го порядка, направленные вдоль координатных осей,
б) 4 оси симметрии 2-го порядка и 9 плоскостей симметрии.
в) 3 оси симметрии 4-го порядка, направленные вдоль координатных осей, и 6 осей 2-порядка.
г) четыре оси симметрии 3-го порядка, направленные вдоль объемных диагоналей куба.
10. Если есть четная ось симметрии и на ней центр симметрии, то
а) ее пересекает плоскость симметрии
б) перпендикулярно этой оси проходит n осей 2-го порядка
в) перпендикулярно этой оси проходит плоскость симметрии
г) ее пересекает четная ось
11. Геометрической схемой, описывающей расположение материальных частиц в кристалле, является
а) пространственная решетка б) кристаллическая структура
в) пространственная структура г) кристаллическая решетка
12. Объемно-центрированной является кристаллическая решетка



13. В объемно-центрированной ячейке трансляционная группа содержит трансляции

- а) a, b, c б) $a, b, c, (b+c)/2$ в) $a, b, c, (a+b+c)/2$ г) $(a+b+c)/2$

14. Плоскостью скользящего отражения называется совокупность

- а) совместно действующих плоскости симметрии и перпендикулярной ей

трансляции на величину $\frac{1}{2}t$.

- б) совместно действующих плоскости симметрии и параллельной ей

трансляции на величину $\frac{1}{2}t$.

- в) совместно действующих плоскости симметрии и параллельной ей

трансляции на величину $\frac{1}{4}t$.

- г) действующих последовательно плоскости симметрии и параллельной ей

трансляции на величину $\frac{1}{2}t$.

Типовые задания третьего рубежного тестирования Т/КР:

1. На одну ячейку объемно-центрированной решетки приходится

- а) 2 частицы б) 1 частица в) 4 частицы; г) 6 частиц

2. Координационное число алмазной решетки равно:

- а) 4; б) 6; в) 8; г) 12

3. Из приведенных кристаллических решеток наиболее плотной является

- а) алмазная решетка;
б) простая кубическая решетка
в) гранецентрированная кубическая решетка;
г) объемно-центрированная кубическая решетка.

4. В объемно-центрированной кубической ячейке имеется:

- а) 3 октаэдрические пустоты;
б) 2 тетраэдрические пустоты;
в) 3 октаэдрические и 6 тетраэдрических пустот;
г) 3 октаэдрические и 2 тетраэдрические пустоты

5. Самой прочной из приведенных сил связи является

- а) металлическая; б) ионная; в) ковалентная г) Ван-дер-ваальса

6. К гетеродесмичным структурам не относятся структуры

- а) островные б) координационные в) каркасные г) цепочечные

7. Полиморфные модификации равновесно могут сосуществовать согласно правилу фаз не более
а) двух б) трех в) четырех г) между ними нет равновесия

Типовые задания четвертого рубежного тестирования Т/КР:

1. Образование льда из воды относится к кристаллизации из
а) насыщенного раствора б) раствора в) пара г) расплава
2. Образование снежинок относится к кристаллизации из
а) расплава б) раствора в) пара г) насыщенного раствора
3. Путем послойного отложения вещества растут грани
а) атомно-гладкие б) атомно-шероховатые
в) с нормальным ростом г) атомно-плоские
4. Форма кристалла, которая при данном объеме характеризуется минимумом поверхностной энергии, называется
а) реальной б) равновесной
в) бездефектной г) совершенной
5. Минимальными скоростями роста обладают грани с
а) наименьшей ретикулярной плотностью
б) наибольшей ретикулярной плотностью
в) с большими индексами
г) с большим количеством дефектов
34. Огранка кристалла определяется
а) медленно растущими гранями б) быстро растущими гранями
в) атомно-гладкими гранями г) атомно-шероховатыми гранями
6. Наиболее развитыми на поверхности кристалла являются грани с
а) наименьшей ретикулярной плотностью
б) наибольшей ретикулярной плотностью
в) наименьшими скоростями роста
г) тангенциальными скоростями роста
7. Снежинки являются примером
а) дендритных форм б) скелетных форм
в) сферокристаллов г) сферолитов
8. Для кристаллов самородных металлов – золота, серебра, меди характерны
а) дендритные формы б) скелетные формы
в) сферокристаллы г) сферолиты
9. В условиях быстрого роста и высокой степени пересыщения развиваются

- а) дендритные кристаллы б) нитевидные кристаллы
- в) скелетные кристаллы г) сферокристаллы

10. К закономерным сросткам не относятся

- а) параллельные сростки
- б) двойники
- в) эпитаксические срастания
- г) друзы

11. К незакономерным сросткам не относятся

- а) друзы б) щетки в) параллельные сростки г) сферолиты

12. Существенной особенностью гидротермального способа выращивания кристаллов является применение

- а) стабилизаторов б) минерализаторов
- в) модификаторов г) кристаллизаторов

13. Метод кристаллизации из раствора в расплаве не применяют

- а) труднорастворимых в обычных жидкостях веществ,
- б) разлагающихся при нагревании вещества
- в) плавящихся при высоких температурах
- г) растворимость которых мала при температурах ниже 100 °С

14. Кристаллизация в гелях – одна из разновидностей метода кристаллизации

- а) путем химических реакций б) при концентрационной конвекции
- в) при испарении растворителя г) температурного перепада

15. Первым промышленным методом выращивания кристаллов из расплава является метод

- а) Чохральского б) зонной плавки в) Вернейля г) Киропулоса

16. К скалярным физическим свойствам не относится

- а) плотность б) температура плавления в) теплоемкость г) твердость

17. К векторным физическим свойствам относится

- а) спайность б) модуль сжатия в) теплоемкость г) теплопроводность

18. К тензорным свойствам не относится

- а) пироэлектрический эффект б) теплопроводность
- в) электропроводность г) пьезоэлектрический эффект

19. Не являются оптически одноосными кристаллами сингонии

- а) тригональной б) гексагональной в) тетрагональной г) ромбической

Образец теста по Теме. Строение твёрдого тела

- 1) Какая структура, тип связи и общие свойства у кристалла поваренной соли?
- а) ГЦК, ковалентная, хрупкий, электропроводный.
 - б) ОЦК, ионная, пластичный, электропроводный.
 - в) ГПУ, водородная, хрупкий, диэлектрик.
 - г) **ГЦК, ионная, хрупкий, диэлектрик.**
- 2) Напряжённое состояние твёрдого тела описывается следующими переменными для данного материала параметрами:
- а) Упругость, деформация.
 - б) Жёсткость, механическое напряжение.
 - в) **Механическое напряжение, деформация.**
 - г) Деформация, коэффициент Пуассона.
- 3) Упругая деформация осуществляется за счёт:
- а) Перемещения примесных атомов внутри кристаллической структуры.
 - б) Зарождения и скольжения дислокаций.
 - в) **Малого увеличения межатомных расстояний в направлении приложения нагрузки.**
 - г) Переползания дислокаций
- 4) Пластическая деформация осуществляется за счёт (несколько верных ответов):
- а) Увеличения одного из параметров элементарной ячейки кристалла.
 - б) **Зарождения дислокаций.**
 - в) Мгновенного разрыва атомных связей во всей плоскости сечения кристалла.
 - г) **Переползания дислокаций.**
 - д) **Скольжения дислокаций.**
- 5) В чём причина низкой прочности хрупких тел в сравнении с теоретической прочностью, рассчитанной в предположении, что при хрупком разрушении происходит моментальный разрыв всех атомных связей в плоскости разрушения?
- а) Пластическая деформация.
 - б) Упругая деформация.
 - г) **Наличие микротрещин.**
 - д) Присутствие примесных атомов.

Вопросы к экзамену

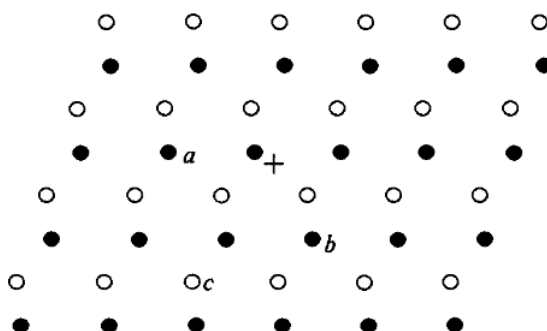
1. Кристаллические и аморфные твердые тела. Симметрия кристаллов, виды и обозначения элементов симметрии.
2. Операции симметрии: трансляционная симметрия, базис, элементарная ячейка, симметрия решетки, плоские решетки и их симметрия.
3. Пространственные группы симметрии: решётки Бравэ, наиболее распространённые неэлементарные ячейки.
4. Кристаллографические индексы узловых плоскостей и прямых. Типы плотнейших упаковок в модели шаров.
5. Обратная решетка. Векторы обратной решетки. Условие дифракции. Зоны Бриллюэна.
6. Изоморфизм, изоструктурность, полиморфизм, политипия.
7. Ионная связь, ее происхождение и характеристики. Постоянная Маделунга. Примеры структур ионных кристаллов.
8. Ковалентная связь, ее происхождение, сущность электронного обмена.
9. Металлическая связь. Коллективизация электронов и простейшая модель металла. Изотропность металлической связи.
10. Молекулярные кристаллы. Выражение для потенциала Леннарда-Джонса.
11. Структурные фазовые переходы I и II рода. Изменение симметрии при фазовых переходах. Параметр порядка.
12. Дифракция как метод исследования. Использование трех типов излучения. Условие дифракции Брэгга. Атомный фактор рассеяния. Структурный фактор. Температурный фактор.
13. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки. Плотность дефектов в состоянии теплового равновесия. Радиационные дефекты.
14. Дислокация. Плотность дислокаций. Вектор Бюргерса. Напряжение образования дислокации в идеальном кристалле.
15. Премещение дислокаций. Взаимодействие дислокаций между собой и с точечными дефектами. Источники дислокаций.
16. Механическое напряжение. Деформация. Закон Гука для изотропных тел. Закон Гука для анизотропных твердых тел. Тензор деформации.
17. Пластические свойства кристаллических твердых тел. Хрупкое разрушение. Теория Гриффитса.
18. Дисперсионные соотношения одномерных колебаний однородной струны и линейной одноатомной цепочки. Упругие волны в монокристаллах.
19. Колебания одномерной решетки с базисом. Дисперсионные соотношения. Две ветви закона дисперсии.
20. Колебания атомов трёхмерной решётки. Дисперсионные соотношения. Понятие фононов.
21. Теплоёмкость, закон Дюлонга-Пти. Теория теплоёмкости Эйнштейна.
22. Модель Дебая. Уточнения модели Дебая. Температура Дебая.
23. Решеточная и электронная теплопроводность и длина свободного пробега фононов.

24. Классификация твёрдых тел по электропроводности. Зонная теория твёрдых тел.
25. Электрические свойства металлов. Температурная зависимость электропроводности. Влияние примесей и дефектов.
26. Модель электропроводности Друдэ. Несостоятельность классических моделей. Время релаксации.
27. Эффект Холла. Учет вклада свободных электронов в теплоёмкость металлов.
28. Собственная проводимость полупроводников. Концентрация носителей и их подвижность.
29. Примесная проводимость полупроводников. Концентрация носителей и их подвижность.
30. Электропроводность диэлектриков. Поляронная проводимость. Ионная проводимость.
31. Влияние света на проводимость полупроводников. Люминесценция.
32. Сверхпроводящее состояние. Возникновение сверхпроводимости. Теория Бардина – Купера - Шриффера.
33. Сверхпроводимость и магнитные поля. Эффект Мейснера. Высокотемпературная сверхпроводимость.
34. Диамагнетизм сверхпроводников I и II рода. Куперовское спаривание. Применение сверхпроводимости.
35. Поверхностная энергия, поверхностное натяжение.
36. Классификация магнетиков. Диамагнетизм, его суть и природа.
37. Классификация магнетиков. Парамагнетизм, его суть и природа.
38. Классификация магнетиков. Ферромагнетизм, его суть и природа. Молекулярное поле Вейсса.
39. Классификация магнетиков. Антиферромагнетизм, ферримагнетизм. Ферромагнитные домены.

Образец практических заданий

1) Найдите индексы узлового ряда, проходящего через два узла кристаллической решётки с индексами $[[111]]$, $[[110]]$.

2) На рисунке изображён фрагмент бесконечной двумерной атомной сетки с двумя сортами атомов, обозначенных \circ и \bullet . Выбрать в этой сетке произвольную точку и отметить все гомологичные её точки, т. е. указать решётку.



3) У кристалла ромбической серы грань (hkl) лежит на пересечении зон $[230]$ и $[041]$. Были измерены следующие углы:

$51^\circ 28'$ – между гранями (100) и (hkl) ;

$70^{\circ}18'$ – между гранями (010) и (hkl).

Определить индексы грани (hkl) и угол между (001) и (hkl).

Использовать закон зон Вейсса ($h \cdot u + k \cdot v + l \cdot w = 0$), а также свойство направляющих косинусов плоскости ($\cos^2 \alpha + \cos^2 \beta + \cos^2 \gamma = 1$).

4) Как изменится равновесное наименьшее расстояние r_0 между ионами и энергия решётки U ионного кристалла, если заряд иона возрастёт вдвое?

5) Кристалл α -Fe имеет объёмноцентрированную кубическую структуру и плотность $7,8 \text{ г/см}^3$. Определить радиус атома железа. Атомная масса железа 56 г/моль .