

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

« 16 » сентября 20 22 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Физика твёрдого тела
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы
(код и наименование направления)

Направленность: Конструкционные наноматериалы
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Знакомство с основами физики твердого тела, привитие навыков и умения физического анализа механизмов неупругого деформирования поликристаллических металлов и сплавов, умение анализировать влияние дефектов кристаллического строения на неупругое поведение кристаллов, формирование физических представлений об основных понятиях и идеях физики твердого тела для применения этих знаний при работе в различных областях науки и техники.

Задачи дисциплины:

- формирование знаний

- фундаментальных понятий, законов и теорий физики дефектов, строения основных типов дефектов в кристаллических телах;
- видов кристаллических решеток и их основные характеристики;
- строения дефектов кристаллического строения;
- механизмов пластической деформации и разрушения металлов;
- экспериментальных методов исследования физических свойств кристаллических тел и их дефектов;
- взаимодействия дефектов кристаллического строения.

- формирование умений

- использования существующих моделей дефектов кристаллической решетки, анализа состояния микроструктуры материала в процессе необратимого деформирования;
- определения групп симметрии кристаллических тел, индексов Миллера и Браве кристаллографических направлений и плоскостей;
- строения сечений обратной решетки для ГЦК, ОЦК и ГПУ структур;
- определение поля напряжений от краевых и винтовых дислокаций;
- определение силы взаимодействия между прямолинейными участками дислокаций, взаимодействия между дислокациями и другими дефектами;
- определение равновесных концентраций точечных дефектов, собственной энергии дислокаций, энергии границ зерен и субзерен.

- формирование навыков

- владеть навыками применения знаний о механизмах необратимых деформаций и их носителей для решения практических задач,
- владеть навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, использования простейших математических моделей описания дефектной структуры, методами теоретических исследований в области физики твердого тела.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные понятия и определения физики твердого тела
- современные представления о дефектах в кристаллических телах
- подходы и методы описания эволюции дефектной структуры в кристаллических телах
- физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за неупругое деформирование и разрушение металлов и сплавов

1.3. Входные требования

Знание основ физики, механики сплошных сред, дифференциального исчисления

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
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	Знать теоретические модели фундаментальных процессов и явлений, перспективы развития физики пластичности и прочности металлических систем. Механизмы деформирования и разрушения	Знает системы вычислительной математики для решения задач в области прикладной механики, методы получения наноструктур и наноматериалов; основные принципы структурного упрочнения материалов;	Контрольная работа
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	Уметь использовать математические модели в научной и познавательной деятельности, применять информационные и компьютерные технологии в научной и познавательной деятельности.	Умеет применять информационные и компьютерные технологии сбора в научной и познавательной деятельности, применять физико-математические методы для решения практических задач с помощью систем вычислительной математики;	Индивидуальное задание
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	Владеет профессиональными навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения	Владеет навыками создания и использования простейших математических моделей пластической деформации и разрушения; навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, методами теоретических исследований в области физики твердого тела; навыками применения систем вычислительной математики; программными средствами для проведения вычислительных экспериментов.	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.3	ИД-1ПК-1.3	Знать: - виды кристаллических решеток и их основные характеристики; - строение дефектов кристаллического строения; - механизмы пластической деформации и разрушения металлов; - экспериментальные методы исследования физических свойств кристаллических тел и их дефектов;	Знает особенности проведения расчётов конструкций и расчетно-экспериментального изучения закономерностей накопления повреждений современных материалов и наноматериалов;	Отчет по практике
ПК-1.3	ИД-2ПК-1.3	Уметь: - определять группу симметрии кристаллических тел, определять индексы Миллера и Браве кристаллографических направлений и плоскостей; - строить сечение обратной решетки для ГЦК, ОЦК и ГПУ структур; - определять поля напряжений от краевых и винтовых дислокаций; - находить силы взаимодействия между прямолинейными участками дислокаций; - находить силы взаимодействия между дислокациями и другими дефектами; - определять равновесные концентрации точечных дефектов, определять собственную энергию дислокаций, энергию границ зерен и субзерен.	Умеет осуществлять теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, выбирать методы и средства проведения исследований и разработок, осуществлять планирование эксперимента оценивать и интерпретировать полученные знания, расширять их и приобретать новые знания путем проведения физико-химических процессов и материалов;	Защита лабораторной работы
ПК-1.3	ИД-3ПК-1.3	Владеть: - навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, использования	Владеет навыками анализа научных данных, результатов экспериментов и наблюдений, методами	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		простейших математических моделей описания дефектной структуры; - методами теоретических исследований в области физики твердого тела.	анализа напряженно-деформированных состояний, техникой контроля основных свойств наноматериалов и определения параметров дефектов	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		5	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	32	32	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	72	72	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

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				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основы строения твердых тел.	12	6	6	18
<p>Введение.</p> <p>Тема 1. Силы связи в твердых телах.</p> <p>Типы сил связи в кристаллических телах: Ван-дер-Ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь. Химическая связь и ближний порядок. Модель плотной упаковки шаров, примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, объемноцентрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК), гексагональная плотноупакованная (ГПУ).</p> <p>Тема 2. Кристаллическое строение и симметрия твердых тел.</p> <p>Кристаллические и аморфные твердые тела.</p> <p>Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера – Зейтца. Решетка Браве.</p> <p>Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Элементы теории групп, группы симметрии.</p>				
Дефекты в твердых телах	20	12	12	54
<p>Тема 3. Основы дефектного строения твердых тел.</p> <p>Классификация дефектов в кристаллах: точечные, линейные, поверхностные и объемные дефекты кристаллической решетки. Точечные дефекты, их образование и диффузия; дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты: краевые, винтовые и смешанные дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокаций при пластической деформации. Границы зерен, общие и специальные границы. Миграция границ, скольжение по границам зерен. Объемные дефекты: поры, трещины. Влияние поверхностных и объемных дефектов на пластическую деформацию.</p> <p>Тема 4. Упругие свойства дислокаций.</p> <p>Источники полей внутренних напряжений.</p> <p>Энергитически устойчивые дислокационные скопления.</p> <p>Тема 5. Дислокации в кристаллических структурах.</p> <p>Полные и частичные дислокации в ГЦК, ОЦК и ГПУ кристаллах. Энергетический критерий Франка дислокационных реакций. Плотнейшей упаковки и дефекты упаковки.</p> <p>Тема 6. Взаимодействие дефектов кристаллической решетки.</p> <p>Пересечение полных дислокаций. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами.</p>				
ИТОГО по 5-му семестру	32	18	18	72
ИТОГО по дисциплине	32	18	18	72

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Определение взаимодействия между атомами устойчивых конфигураций кристаллической структуры. Анализ идентификации параметров рассмотренных потенциалов парного взаимодействия.
2	Кристаллографическая система координат, определение кристаллографических направлений и плоскостей в кубических и гексагональных кристаллах. Определение решеток Браве для заданных элементарных ячеек. Нахождение расстояния и углов между кристаллографическими плоскостями и направлениями, заданными индексами Миллера и Браве. Симметрия кристаллов, поворотные оси. Построение стереографических проекций направлений и плоскостей
3	Концентрация вакансий и межузельных атомов при различных температурах. Самодиффузия в кристаллах. Схемы наиболее «удобных» позиций межузельных атомов в различных типах кристалла. Строение границ зерен и субзерен.
4	Взаимодействие прямолинейных краевых и винтовых дислокаций в кристалле. Силы, действующие на дислокацию от внешних источников напряжения. Энергия необходимая для перемещения дислокаций в кристалле.
5	Рассмотрение дислокационных реакций с использованием критерия Франка в кристаллах с различным типом решетки. Взаимодействие расщепленных дислокаций. Движение двойнивающих дислокаций в кристаллах.
6	Энергия малоугловых границ, энергия границ зерен в модели решетки совпадающих узлов. Сила взаимодействия дислокаций с границами зерен и субзерен. Описание взаимодействия дислокаций с примесными атомами.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Способы описания межатомных взаимодействий, потенциалы межатомных взаимодействий
2	Полиморфные превращения, твердые растворы, химические соединения, электронные соединения, металлические связи. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
3	Кристаллография краевых и винтовых дислокаций в кристаллах. Определение деформации при прохождении дислокаций кристалла.
4	Силы, действующие на дислокацию. Упругие поля напряжений и перемещений краевых и винтовых дислокаций. Энергия дислокаций. Упругое взаимодействие краевых и винтовых дислокаций.
5	Стандартный тетраэдр Томпсона и дислокационные реакции в ГЦК решетке, стандартная бипирамида и дислокационные реакции в ГПУ кристаллах.
6	Торможение дислокаций атомами примесей. Торможение дислокаций границами зерен и субзерен.

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	Василевский А. С. Физика твёрдого тела : учебник для вузов. Москва : Дрофа, 2010. 206 с. 13,0 усл. печ. л.	2
2	Винтайкин Б. Е. Физика твердого тела : учебное пособие для вузов. 2-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. 359 с.	2

3	Гуртов В. А., Осауленко Р. Н. Физика твердого тела для инженеров : учебное пособие для вузов. Москва : Техносфера, 2007. 518 с.	11
4	Демидченко В. И. Физика : учебник для вузов. Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. 508 с.	1
5	Мартинес-Дуарт Дж. М., Мартин-Палма Р. Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники : пер с англ. 2-е изд., доп. Москва : Техносфера, 2009. 367 с.	3
6	Мартинес-Дуарт Дж.М., Мартин-Палма Р.Дж., Агулло-Руеда Ф. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники : пер. с англ. М. : Техносфера, 2007. 367 с.	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Келли А., Гровс Г. Кристаллография и дефекты в кристаллах : пер. с англ. Москва : Мир, 1974. 496 с.	5
2	Новиков И. И. Дефекты кристаллического строения металлов : учебное пособие для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. Москва : Металлургия, 1983. 232 с.	31
3	Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций : пер. с англ. М. : Атомиздат, 1972. 599 с.	1
4	Хоникомб Р.В. Пластическая деформация металлов : пер. с англ. М. : Мир, 1972. 408 с.	4
2.2. Периодические издания		
1	Вестник ПГТУ. Аэрокосмическая техника : журнал. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007-2011.	
2	Механика композиционных материалов и конструкций : всероссийский научный журнал. Москва : Ин-т прикл. механики РАН, 1995 - .	
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	Основы механики сплошной среды. Победря Б. Е., Георгиевский Д. В.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib6101	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Физика твердого тела для инженеров. Гуртов В. А., Осауленко Р. Н.	https://elib.pstu.ru/Record/lan73515	локальная сеть; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Mathematica Professional Version (лиц. L3263-7820*)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	КОМПАС-3D V18 Уч.вер.(АКФ, МКМК, лиц.Иж-17-00089)

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
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	Компьютерный класс	10
Лабораторная работа	Стереомикроскоп Carl Zeiss SteREO Discovery V12	1
Лекция	Мультимедийный проектор	1
Практическое занятие	Мультимедийный проектор	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 обучающихся по дисциплине
«Физика твердого тела»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	28.03.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы:	Конструкционные наноматериалы
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Выпускающая кафедра:	Механика композиционных материалов и конструкций
Форма обучения:	Очная
Курс: 3	Семестр: 5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Зачет:	5 семестр

Пермь 2022

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся 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 одного семестра (5-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные 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 экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий и промежуточный		Рубежный	Итоговый
	ПЗ	ЛР	РК	Экзамен
Усвоенные знания				
З.1 знать виды кристаллических решеток и их основные характеристики;			РКР 1	ТВ
З.2 знать строение дефектов кристаллического строения;			РКР 2	
З.3 знать механизмы пластической деформации и разрушения металлов;			РКР 3	
З.4 знать экспериментальные методы исследования физических свойств кристаллических тел и их дефектов;			РКР 3	
Освоенные умения				
У.1 определять группу симметрии кристаллических тел, определять индексы Миллера и Браве кристаллографических направлений и плоскостей;	ОПЗ 1	ОЛР 1		ПЗ
У.2 строить сечение обратной решетки для ГЦК, ОЦК и ГПУ структур;	ОПЗ 2	ОЛР 2		
У.3 определять поля напряжений от краевых и винтовых дислокаций;	ОПЗ 3	ОЛР 3		
У.4 находить силы взаимодействия между прямолинейными участками дислокаций;	ОПЗ 4	ОЛР 4		

У.5 находить силы взаимодействия между дислокациями и другими дефектами;	ОПЗ 5	ОЛР 5		
У.6 определять равновесные концентрации точечных дефектов, определять собственную энергию дислокаций, энергию границ зерен и субзерен;	ОПЗ 6	ОЛР 6		
Приобретенные владения				
В.1 владеет навыками анализа дефектной структуры кристаллических тел, использования простейших математических моделей описания дефектной структуры;				КЗ
В.2 владеет методами теоретических исследований в области физики твердого тела;				

ОПЗ – отчет по практическому занятию; ОЛР – отчет по лабораторной работе; РКР – рубежная контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.

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

1. 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 бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам.

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 усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме.

Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Защита отчета по практическому занятию

Всего запланировано 6 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД. Защита отчета по практическому занятию проводится индивидуально каждым студентом.

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме контрольной работы после изучения соответствующих тем учебной дисциплины.

Согласно РПД запланировано 3 рубежных контрольных работы. Первая РКР 1 по модулю 1 «Основы строения твердых тел» и темам «Силы связи в твердых телах», «Кристаллическое строение и симметрия твердых тел», вторая РКР 2 – по модулю 2 «Дефекты в твердых телах» и темам «Основы дефектного строения твердых тел», «Упругие свойства дислокаций», третья РКР 3 – по модулю 2 «Дефекты в твердых телах» и темам «Дислокации в кристаллических структурах» и «Взаимодействие дефектов кристаллической решетки»

Типовые задания РКР 1:

1. Определение взаимодействия между атомами устойчивых конфигураций кристаллической структуры.
2. Анализ идентификации параметров рассмотренных потенциалов парного взаимодействия.

Типовые задания РКР 2:

1. Концентрация вакансий и межузельных атомов при различных температурах.
2. Самодиффузия в кристаллах.

Типовые задания РКР 3:

1. Рассмотрение дислокационных реакций с использованием критерия Франка в кристаллах с различным типом решетки.
2. Взаимодействие расщепленных дислокаций.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной

работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

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.

2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных 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.

2.3. 1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Кристаллографическая система координат.
2. Решетки Браве для заданных элементарных ячеек.
3. Симметрия кристаллов, поворотные оси.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Определение кристаллографических направлений и плоскостей в кубических и гексагональных кристаллах.
2. Нахождение расстояния и углов между кристаллографическими плоскостями и направлениями, заданными индексами Миллера и Браве.
3. Построение стереографических проекций направлений и плоскостей

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Провести анализ взаимодействия прямолинейных краевых и винтовых дислокаций в кристалле.
2. Определить силы, действующие на дислокацию от внешних источников произвольного напряженного состояния.

3. Рассмотреть дислокационные реакции с использованием критерия Франка в кристаллах с различным типом решетки.

Перечень типовых ситуационных заданий и кейсов для проверки умений и владений представлен в приложении 1. *Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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.