

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

« 04 » мая 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Кристаллография
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 216 (6)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 22.03.02 Metallургия
(код и наименование направления)

Направленность: Metallургия (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Основными целями дисциплины являются:

1. формирование комплекса знаний, умений и навыков в области теории кристаллического строения металлов и сплавов, способов описания кристаллической решетки и дефектов кристаллического строения, их связи с механическими и физическими свойствами металлов, методов наблюдения дефектов кристаллического строения;
2. подготовка бакалавра к решению типовых задач экспериментально-исследовательской и производственно-технологической деятельности, связанной с разработкой конструкционных материалов и способов их производства и обработки, с целью получения необходимого уровня механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Задачи:

- овладение обучающимися знаниями в области кристаллического строения конструкционных материалов;
- научиться описывать симметрию периодических кристаллических объектов, проводить кристаллографические расчеты, работать с моделями идеальных кристаллических структур и их элементарных ячеек, устанавливать связь между характером кристаллической структуры и типом химической связи в ней;
- ознакомление с физическими основами образования дефектов кристаллической решетки, рассмотрение физических основ их движения при различных воздействиях раскрытие физических основ взаимодействия различных дефектов кристаллической решетки;
- краткое изложение современного представления теории дефектов кристаллической структуры, которые определяют механические свойства металлов и сплавов в процессе изготовления и эксплуатации изделий;
- изучение механизмов упрочнения металлов (твердорастворного, дисперсионного, дислокационного, зернограничного);
- анализ методов целенаправленного изменения механических и эксплуатационных свойств материалов с целью назначения технологии обработки кристаллических конструкционных материалов;
- анализ современных методов выявления дефектов кристаллического строения, их достоинств и недостатков;
- овладение основными понятиями и категориями кристаллографии и теории дислокаций, навыками использования полученных знаний и умений для интерпретации структуры и прогноза свойств материалов;
- способствовать усвоению обучающимися методов рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии, физических основ прочности и пластичности.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- кристаллическое вещество, его строение, свойства, идентификация, фазовый и структурный анализ;
- реальные кристаллы с дефектами структуры;
- методы исследования внутреннего строения кристаллов;
- теория дислокаций как объект, позволяющий увязывать исходную структуру металлов и сплавов и ее изменение в процессе нагружения или воздействия других факторов с уровнем характеристик механических свойств;
- механизмы упрочнения металлов.

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
ПК-1.2	ИД1-ПК-1.2	Знает современные технологии и программные продукты; специализированные программные продукты; основы информационных технологий; методику проведения презентаций.	Знает современные технологии и программные продукты; специализированные программные продукты; основы информационных технологий; методику проведения презентаций.	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.2	ИД2-ПК-1.2	Умеет использовать программные продукты для решения практических задач	Умеет использовать программные продукты для решения технических задач	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.2	ИД3-ПК-1.2	Владеет навыками анализа структуры металлов и сплавов с применением специализированных программных продуктов.	Владеет навыками анализа структуры металлов и сплавов с применением специализированных программных продуктов.	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.2	ИД1-ПК2.2	Знает кристаллическое строение металлов; методы наблюдения кристаллической структуры металлов и сплавов.	Знает кристаллическое строение металлов и сплавов; закономерности формирования структуры и свойств металлических материалов; методы оценки структуры и свойств металлов и сплавов.	Зачет
ПК-2.2	ИД2-ПК2.2	Умеет проводить подготовку образцов для оценки кристаллической структуры металлов и сплавов.	Умеет проводить подготовку образцов для оценки химического состава, структуры и свойств металлов и сплавов.	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.2	ИД3-ПК2.2	Владеет навыками оценки кристаллической структуры	Владеет навыками оценки структуры и свойств металлов и сплавов.	Отчёт по практическому занятию

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	72	72	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	54	54	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	108	108	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	216	216	

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
4-й семестр				
Основы кристаллографии	4	0	24	44
Тема 1. Образование кристаллов в естественных условиях.				
Тема 2. Искусственное выращивание кристаллов.				
Тема 3. Свойства кристаллов.				
Тема 4. Атомная структура кристаллов.				
Тема 5. Кристаллическая и аморфная структура твердых тел.				
Тема 6. Элементы кристаллохимии.				
Тема 7. Элементы симметрии кристаллической решетки.				
Тема 8. Геометрическая кристаллография.				
Тема 9. Основные формулы структурной кристаллографии.				
Тема 10. Способы представления (визуализации) кристаллических структур.				
Тема 11. Прикладные аспекты кристаллографии.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Дефекты кристаллического строения	10	0	8	40
Тема 12. Дефекты кристаллического строения. Тема 13. Точечные дефекты. Тема 14. Комплексы точечных дефектов. Тема 15. Диффузия. Тема 16. Методы определения концентрации вакансий и энергии их образования и миграции. Тема 17. Дислокации. Тема 18. Образование и размножение дислокаций. Тема 19. Дислокации в типичных металлических структурах Тема 20. Контур и вектор Бюргерса. Тема 21. Поверхностные дефекты.				
Взаимодействие дефектов кристаллического строения	0	0	10	12
Тема 22. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами кристаллической решётки. Тема 23. Взаимодействие точечных дефектов и дислокаций с поверхностными дефектами кристаллической решётки. Тема 24. Взаимодействие дислокаций с другими дислокациями.				
Влияние дефектов кристаллического строения на свойства метал-лов	2	0	4	8
Тема 25. Свойства металлических сплавов в зависимости от наличия в них дефектов кристаллического строения. Тема 26. Принципы упрочнения и пути повышения прочности металлических материалов.				
Методы наблюдения дефектов кристаллического строения	0	0	8	4
Тема 27. Методы наблюдения дефектов кристаллического строения.				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	54	108
ИТОГО по дисциплине	16	0	54	108

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Кристаллизация. Искусственное выращивание кристаллов.
2	Формы кристаллов. Свойства кристаллов
3	Аморфная и кристаллическая структура
4	Определение параметров элементарной ячейки кристаллической структуры
5	Расчет коэффициента компактности кристаллической решетки

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
6	Расчет плотности чистых металлов и химических соединений типа NaCl
7	Кристаллографическая символика
8	Определение элементов симметрии на моделях реальных кристаллов
9	Определение числа структурных единиц, стехиометрической формулы вещества, координационных чисел и многогранников
10	Изучение явления полиморфизма
11	Построение кристаллографических проекций и решение кристаллографических задач на сетке Вульфа
12	Кристаллографический анализ решеток и пустот
13	Методы определения параметров вакансий: концентрации, энергии активации и энергии миграции.
14	Расчет коэффициента диффузии
15	Расчет энергии дислокации кристаллической решетки металлов. Силы, действующие на дислокацию кристаллической решетки металлов
16	Контур и вектор Бюргерса
17	Взаимодействие точечных дефектов и дислокаций с поверхностными дефектами кристаллической решетки
18	Взаимодействие дислокаций с примесными атомами
19	Взаимодействие дислокаций с другими дислокациями
20	Торможение дислокаций дисперсными частицами, атомами примесей и легирующих элементов
21	Торможение дислокаций в твердых растворах
22	Теоретическая и реальная прочность кристаллов
23	Принципы и механизмы упрочнения металлов и сплавов
24	Метод наблюдения дефектов кристаллического строения путем получения увеличенного изображения кристаллической решетки
25	Наблюдение дефектов кристаллического строения при использовании микроструктурного анализа – Метод протравливания
26	Наблюдение дефектов кристаллического строения при использовании рентгеновской топографии
27	Методы наблюдения дефектов кристаллического строения: Техника декорирования дислокаций, Метод фотоупругости

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.

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 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	Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия : учебник / Я. С. Уманский [и др.]. - Москва: Металлургия, 1982.	43
3	Новиков И.И. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки : учебник для вузов / И.И. Новиков, К.М. Розин. - Москва: Металлургия, 1990.	62
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	Кристаллография : лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / Ю.Н. Сафьянов [и др.]. - Москва: Физматлит, 2005.	5
3	Чупрунов Е. В. Кристаллография : учебник для вузов / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. - Москва: Физматлит, 2000.	2
4	Шаскольская М. П. Кристаллография : учебное пособие для втузов / М. П. Шаскольская. - Москва: Высш. шк., 1984.	55
2.2. Периодические издания		
1	Деформация и разрушение материалов : научно-технический и производственный журнал / Наука и технологии. - Москва: Наука и технологии, 2004 - .	
2	Металловедение и термическая обработка металлов : научно-технический и производственный журнал / Редакция журнала Металловедение и термическая обработка металлов. - Москва: Машиностроение, 1955 - .	
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	Батаев, И. А. Кристаллография. Формы кристаллических многогранников : учебное пособие / И. А. Батаев, А. А. Батаев. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2016.	https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks91379	локальная сеть; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Ивлева, И. А. Минералогия и кристаллография: лабораторный практикум : учебное пособие / И. А. Ивлева, О. А. Панова. - Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018.	https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks92231	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Мордасов, Д. М. Кристаллография : учебное пособие / Д. М. Мордасов, В. В. Строкова, И. В. Жерновский?. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018.	https://elib.pstu.ru/Record/iprbooks94346	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Розин К. М. Практическая кристаллография: учебное пособие / К. М. Розин. - Москва: Изд-во МИСиС, 2005. – 486 с.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2470	локальная сеть; 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 XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

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
Лекция	компьютер, проектор, экран	1
Практическое занятие	компьютер, проектор, экран	1
Практическое занятие	компьютеры	20
Практическое занятие	модели кристаллических решёток	10

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
«Кристаллография»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	22.03.02 Металлургия
Направленность (профиль) образовательной программы:	1. Металловедение и технология термической обработки стали и высокопрочных сплавов 2. Металловедение, термическая обработка и экспертиза
Квалификация выпускника:	«Бакалавр»
Выпускающая кафедра:	Металловедение, термическая и лазерная обработка металлов
Форма обучения:	Очная
Курс: 2	Семестр: 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	3 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	108 ч.
Форма промежуточной аттестации:	
Экзамен:	4 семестр

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 (4-го семестра учебного плана) и разбито на 5 разделов в рамках одного учебного модуля. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные и практические 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 практическим работам и экзамена. Виды контроля сведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля			
	Текущий		Рубежный	Итоговый
	Д	Т	ОПЗ	Экзамен
Усвоенные знания				
З.1 знать современные технологии и программные продукты, специализированные программные продукты, основы информационных технологий, методику проведения презентаций	Д		ОПЗ	
З.2 знать кристаллическое строение металлов, закономерности формирования структуры и свойств металлических материалов; методы оценки структуры и свойств металлов и сплавов	Д	Т	ОПЗ	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь использовать программные продукты для решения практических задач			ОПЗ	
У.2 уметь проводить подготовку образцов для оценки кристаллической структуры металлов и сплавов			ОПЗ-27	
Приобретенные владения				
В.1 владеть навыками анализа структуры металлов и сплавов с применением специализированных программных продуктов			ОПЗ	ПЗ
В.2 владеть навыками оценки кристаллической структуры		Т	ОПЗ	ПЗ

Д – доклад по теме; Т – текущее тестирование; ОПЗ – отчет по практическому занятию; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде 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;

- текущий и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем представления студентами докладов (Приложение 1), бланочного тестирования, защиты отчетов по практическим занятиям.

Рубежный контроль по дисциплине проводится в виде бланочного тестирования в конце некоторых лекций или практических занятий;

- 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 проводится в форме доклада (Приложение 1) или бланочного тестирования студентов по каждому разделу. 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,

освоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты практических занятий.

2.2.1. Защита практических занятий

Всего запланировано 27 практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита практического занятия проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки 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 практических занятий 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 освоенных умений и 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.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Индексация кристаллографических направлений и плоскостей.
2. Основные формы кристаллов кубической сингонии. В каких классах они встречаются.
3. Симметрия внутреннего строения кристаллов. Трансляция, плоскости скользящего отражения и винтовые оси.
4. Поверхностные дефекты. Границы зерен. Дефекты упаковки.
5. Линейные дефекты. Типы дислокаций. Энергия дислокаций. Силы, действующие на дислокацию.
6. Движение и пересечение дислокаций. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида. Расщепление дислокаций. Критерий Франка.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений и приобретенных владений:

1. Нахождение вида симметрии кристаллов.
2. Обозначение плоскостей и направлений в кубических кристаллах.
3. Определение индексов направления, по которым пересекаются кристаллографические плоскости. Определение индексов плоскости, в которой лежат два направления.
4. Определение симметрии реальных кристаллов.

5. Определение межплоскостных расстояний для различных кристаллографических плоскостей в решетках: кубической, тетрагональной, гексагональной.

6. Использование сетки Вульфа при проецировании кристаллов. Задачи, решаемые с помощью этих сеток.

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.

Примерные темы докладов

• по разделу «Основы кристаллографии»

1. История развития русской кристаллографии.
2. Жидкие кристаллы. Металлические стекла.
3. Методы анализа преимущественных ориентировок кристаллических решеток в поликристаллических материалах.
4. Полиморфизм. Изоморфизм. Политипия.
5. Методика вывода 32 классов симметрии кристаллов. Категории. Сингонии.
6. Пироэлектрический эффект. Указательная поверхность. Антисимметрия.
7. Ретикулярная плотность плоскости и направления. Примеры. Плоскости и направления в кристаллах с максимальной ретикулярной плотностью.
8. Основы теории роста кристаллов. Молекулярно-кинетическая теория роста кристаллов. Особенности роста атомно-гладких и атомно-шероховатых граней кристалла. Спиральный рост кристаллов.
9. Методы искусственного получения кристаллов, как имитация природных кристаллообразующих процессов.
10. Пьезоэлектричество в кристаллах. Пироэлектричество в кристаллах.

• по разделу «Дефекты кристаллического строения»

1. Строение реальных кристаллов. Классификация дефектов по размерному признаку. Краткая характеристика.
2. Эволюция дислокационной структуры в металлических материалах в процессе пластической деформации. Влияние температуры обработки.
3. Развитие современных представлений о строении границ зерен. Малоугловые границы кручения в ОЦК решетке. Дислокационные реакции.
4. Дисклинации в кристаллической решетке. Дислокационное строение клиновидных дисклинаций. Экспериментальные исследования дисклинаций.
5. Методы расчета кристаллогеометрических характеристик границ зерен. Сравнительный анализ энергии малоугловой дислокационной границы и дисклинаций.
6. Взаимодействие решеточной дислокации с дислокационной стенкой и дисклинацией.
7. Плотнейшие слои и дефекты плотнейших упаковок.
8. Зернограничные дислокации.
9. Кристаллографические и размерные условия эпитаксиального наращивания. Дислокации несоответствия. Плотность оборванных связей.
10. Дефекты в кристаллах. Их влияние на рост граней и физические свойства кристаллов. Зависимость дефектов от температуры. Классификация дефектов.

• по разделу «Влияние дефектов кристаллического строения на свойства металлов»

1. История развития представлений о прочности кристаллических материалов.

2. Влияние кристаллического строения на механические свойства конструкционных материалов. Механизмы структурного упрочнения конструкционных материалов.

3. Сравнительный анализ эффективности твердорастворного, дисперсионного и зернограничного упрочнения конструкционных материалов.

4. Явление диффузии. Законы и механизмы диффузии. Движущие силы процесса диффузии. Само- и гетеродиффузия. Ускоренная диффузия в кристаллах.

5. Влияние границ зерен на свойства сплавов и на протекающие в них процессы.

6. Эволюция дислокационной структуры в металлических материалах в процессе пластической деформации. Механизмы деформационного упрочнения ГЦК, ОЦК и ГПУ кристаллов. Влияние температуры обработки.

7. Сравнительный анализ эффективности твердорастворного, дисперсионного и зернограничного упрочнения конструкционных материалов.

8. Теоретическая прочность кристаллов по Френкелю. Плотность дислокаций. Зависимость прочности от плотности дислокаций. Дислокационные механизмы зарождения разрушения.

9. Торможение дислокаций частицами второй фазы. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами. Теория «зуба» и площадки текучести.

10. Влияние дефектов кристаллического строения на свойства кристаллов. Уравнение Холла-Петча.

• по разделу «Методы наблюдения дефектов кристаллического строения»

1. Экспериментальные методы исследования кристаллической структуры.

2. Принцип работы и технические возможности электронного микроскопа (просвечивающего, сканирующего).

3. Принцип работы и технические возможности ионного проектора.

4. Методы изучения точечных дефектов.

5. Наблюдение дефектов кристаллического строения методом протравливания.

6. Наблюдение дефектов кристаллического строения при использовании рентгеновской топографии.

7. Наблюдение дефектов кристаллического строения при использовании техники декорирования дислокаций.

8. Наблюдение дефектов кристаллического строения методом фотоупругости.

9. Способы подготовки металлических образцов для исследования их кристаллического строения.

10. Наблюдение (видео) процесса образования дефектов кристаллического строения.