



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института металлургии,  
машиностроения, материалобработки  
А.С. Савинов  
«02» сентября 2018 г

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ*

**Направление подготовки**

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

**Профиль подготовки**

Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)

**Уровень высшего образования – бакалавриат**

Программа подготовки – академический бакалавриат

**Форма обучения**

очная

Институт  
Кафедра  
Курс  
Семестр

металлургии, машиностроения и материалобработки  
технологии металлургии и литейных процессов  
4  
7.8

Магнитогорск  
2018

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, утвержденного приказом МОиН РФ от 12.11.2015 № 1331.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры литейного производства и материаловедения 04.09.2018 г., протокол № 1.


Зав. кафедрой  / К.Н. Вдовин /

Рабочая программа одобрена методической комиссией института металлургии, машиностроения и материаловедения 02.10.2018 г., протокол № 2.

Председатель  / А.С. Савинов /

Рабочая программа составлена:

проф. каф. ТМиЛП., д.т.н., проф.





 / А.Н. Завалицин /

Рецензент:

проф. каф. ТОМ, к.т.н., доц.

 / М.И. Румянцев

**Лист регистрации изменений и дополнений**

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
2	9	Актуализация материально-технического обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
3	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	
4	9	Актуализация материально-технического обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	

### 1 Цели освоения дисциплины

Целью усвоения курса «Основы кристаллографии» является подготовка бакалавра по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)» в соответствии с Государственными требованиями к уровню подготовки выпускников, согласно которым выпускник должен быть способен выполнять следующие виды профессиональной деятельности: научно-исследовательская и расчетно-аналитическая; производственная и проектно-технологическая.

### 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина по выбору «Основы кристаллографии» входит в вариативную часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения таких дисциплин как «Физика», «Математика»,

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для подготовки к государственному экзамену и защите ВКР.

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы кристаллографии» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ПК-4 - способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</b>	
Знать	О кристаллическом строении материалов и дефектах кристаллического строения, законы кристаллографии;
Уметь:	Оценивать кристаллическое строение материалов и наличие дефектов кристаллического строения, связывать эти знания с механическими свойствами материалов;
Владеть:	Навыками применения базовых знаний кристаллографии и дефектов кристаллического строения на практике, оценивать уровень механических свойств, учитывая наличие дефектов кристаллического строения.
<b>ПК-11 - способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов</b>	
Знать	Принцип выбора кристаллических материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности;
Уметь	Выбирать кристаллический материал для заданных условий эксплуатации, с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности;
Владеть	Навыками выбора кристаллических материалов для заданных

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	условий эксплуатации, с учетом требований технологичности, экономичности, надежности.

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 единицы, 144 часов:

- контактная работа – 93,9 акад. часа;
- аудиторная – 92 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов
- самостоятельная работа – 50,1 часов;

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема 1. Историческая справка о развитии кристаллографии. Геометрия решетки. Понятие кристалла. Элементарная ячейка. Трансляции. Выбор основных трансляций. Базис и кристаллическая структура. Плоскости и направления в решетке. Индексы Миллера.	7	2		6/2 И	1	Проработка теоретического (лекционного) материала.	<i>Текущий контроль</i>	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.
Тема 2. Симметрия кристаллов. Элементы симметрии: оси, плоскости, центр инверсии. Решетки Бравэ. Принцип плотнейших упаковок. Гексагональная плотная упаковка, гранецентрированная кубическая упаковка.	7	4		12/ 4И	4	Проработка лекционного материала; подготовка к лабораторным и практическим занятиям; подготовка к контрольной работе	<i>Текущий контроль</i>	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.
Тема 3. .Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты кристаллического строения металлов. Виды точечных дефектов.	7	4		12/ 6И	4	Проработка лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе	<i>Текущий контроль</i> Контрольная работа	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
Тема 4. Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Понятие о дислокации. Вектор Бюргерса. Контур Бюргерса. Краевая дислокация. Винтовая дислокация. Скольжение и переползание краевой дислокации. Энергия дислокаций.	7	4		12/6И	6,2	Проработка лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе	Подготовка КР	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.
Итого за семестр	7	14		42/18И	15,2		<i>Промежуточный контроль (Зачет)</i>	
Тема 5. Дислокации в типичных металлических структурах. Дефекты упаковки. Торможение дислокаций. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами.	8			18/6И	17	Проработка лекционного материала; подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе	<i>Текущий контроль</i> Контрольная работа Подготовка КР	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.
Тема 6. Границы зерен. Границы наклона и кручения. Границы зерен и субзерен. Малоугловые границы. Высокоугловые границы.	8			18/8И	17,9	Проработка лекционного материала; подготовка к практическим занятиям.	<i>Текущий контроль</i> Защита курсовой работы Подготовка КР	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.
Итого за семестр	8			36/14И	34,9		Сдача КР, Зачет	ПК-4 – зув; ПК-11 – зув.

## 5 Образовательные технологии

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия. Лекции читаются с использованием мультимедийного оборудования, презентационных материалов.

На первом занятии следует детально рассказать об образовательных целях и задачах изучения дисциплины. Следует представить структуру курса и программу его изучения с указанием первоисточников. Поэтапно описать способы достижения заданных результатов-целей. Дать информацию об объеме практических занятий и курсовой работы, об условиях

сдачи курсовой работы,

В процессе преподавания дисциплины предусматриваются активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос, работа в команде и т.п. На всех занятиях студенты работают совместно с последующим групповым анализом полученных результатов (коллективное взаимодействие по технологии активного обучения).

Лекционные занятия проводятся с использованием презентационного оборудования (проектор, экран, ноутбук), в качестве наглядных материалов используются модели кристаллических решеток, фотографии, плакаты и рисунки. Для проведения практических занятий в качестве демонстрационного материала используются модели решеток и презентационный материал лекций.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к проработке тем, выполнения индивидуальных заданий в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

По дисциплине «Основы кристаллографии» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

**6.1 Аудиторная самостоятельная работа** студентов предполагает подготовку к выполнению контрольных работ.

**6.2 Внеаудиторная самостоятельная работа** обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала и выполнения курсовой работы

### **6.1.1 Перечень вопросов для подготовки к контрольным аудиторным работам**

#### Вопросы к контрольной работе

1. Сформулируйте закон постоянства углов
2. Что такое примитивная элементарная ячейка?
3. Что характеризуют индексы Миллера?
4. Сколько существует решеток Бравэ?
5. Что такое координационное число?
6. Какова плотнейшая упаковка шаров на плоскости?
7. Какие дефекты кристаллического строения металлов называются точечными?
8. Что такое краевая дислокация?
9. Что такое винтовая дислокация?
10. Как образуются линии скольжения на поверхности кристалла?
11. Что такое малоугловые границы?
12. Что такое когерентная граница между двумя фазами?
13. Как называется граница с углом разориентировки не более  $10^\circ$ , образованная стенкой дислокаций?
14. Определить параметр ГЦК решетки, зная радиус атома R.
15. Определить параметр ОЦК решетки, зная радиус атома R.
16. Определить размер тетраэдрического межузлия в ОЦК решетке.
17. Определить размер октоэдрического межузлия в ОЦК решетке.
18. Определить размер тетраэдрического межузлия в ГЦК решетке.
19. Определить размер октоэдрического межузлия в ГЦК решетке.

#### Вопросы к итоговому тестированию

Закон постоянства углов

1. все углы между гранями равны

2. углы между соответствующими гранями постоянны
3. равны углы между ребрами, выходящими из одной точки
4. постоянны углы между атомными плоскостями.

Примитивная элементарная ячейка

1. ячейка, образующая кристалл
2. ячейка, построенная на трех элементарных трансляциях
3. ячейка, у которой внутри нет узлов
4. это – параллелепипед

Что характеризуют индексы Миллера

1. базис решетки
2. направление в решетке
3. грани кристалла
4. плоскости решетки

Сколько существует решеток Бравэ

1.  $\infty$
2. 32
3. 7
4. 14

Координационное число

1. число ближайших одностипных соседей
2. число точек на элементарную ячейку
3. отношение объема атомов к объему ячейки
4. все элементы симметрии кристалла

Плотнейшая упаковка шаров на плоскости

1. упаковка шаров грани ГЦК решетки
2. бильярдная упаковка
3. расположение шаров по вершинам квадрата
4. хаотичное расположение шаров

Точечные дефекты кристаллического строения металлов

1. Дефект мал в одном измерении
2. Дефект мал в двух измерениях
3. Дефект мал в трех измерениях
4. Микровключения в стали металлургического характера.

Краевая дислокация, это...

1. Линия в плоскости скольжения, ограничивающая зону сдвига, параллельная вектору сдвига,
2. Линия в плоскости скольжения, ограничивающая зону сдвига, перпендикулярная вектору сдвига,
3. Цепочка дислоцированных атомов
4. Плоскость кристаллической решетки, в которой произошел сдвиг до края кристалла.

Винтовая дислокация, это...

1. Цепочка дислоцированных атомов
2. Линия в плоскости скольжения, ограничивающая зону сдвига, перпендикулярная вектору сдвига,



3. Линия в плоскости скольжения, ограничивающая зону сдвига, параллельная вектору сдвига,
4. Плоскость кристаллической решетки, в которой произошел сдвиг до края кристалла.

#### Скольжение дислокации

1. Образование линий скольжения на поверхности кристалла.
2. Консервативное движение дислокации.
3. Неконсервативное движение дислокации.
4. Переход из одной плоскости скольжения в другую.

#### Малоугловые границы.

1. Когерентная граница между двумя фазами.
2. Граница с углом разориентировки не более  $10^\circ$ , образованная стенкой дислокаций.
3. Граница с углом разориентировки не более нескольких минут, образованная стенкой дислокаций.
4. Граница между двумя мелкими зернами

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-4 - способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</b>		
Знать	О кристаллическом строении материалов и дефектах кристаллического строения, законы кристаллографии;	<b>Перечень теоретических вопросов</b> Геометрия решетки Понятие кристалла. Элементарная ячейка. Трансляции. Выбор основных трансляций. Базис и кристаллическая структура. Плоскости и направления в решетке. Индексы Миллера. Классификация дефектов кристаллического строения. Точечные дефекты кристаллического строения металлов. Виды точечных дефектов.
Уметь:	Оценивать кристаллическое строение материалов и наличие дефектов кристаллического строения, связывать эти знания с механическими свойствами материалов;	Определить параметр ГЦК решетки, зная радиус атома R. Определить размер тетраэдрического межузлия в ОЦК решетке. Определить размер тетраэдрического межузлия в ГЦК решетке. Оценить кристаллическое строение материалов и наличие дефектов кристаллического строения.
Владеть:	Навыками применения базовых знаний кристаллографии и дефектов кристаллического строения на практике, оценивать уровень механических свойств, учитывая наличие дефектов кристаллического строения.	Определить размер тетраэдрического межузлия в ОЦК решетке. Определить параметр ОЦК решетки, зная радиус атома R. Определить размера тетраэдрического межузлия в ГЦК решетке. Определить размера октоэдрического межузлия в ГЦК решетке. Изобразить основные решетки в металлах, базис кубических решеток. Применением

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		базовых знаний кристаллографии и дефектов кристаллического строения на практике, оценивать уровень механических свойств, учитывая наличие дефектов кристаллического строения.
<b>ПК-11 - способность применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов</b>		
Знать	Принцип выбора кристаллических материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности;	Теоретическая и реальная прочность кристаллов. Понятие о дислокации. Вектор Бюргерса. Контур Бюргерса. Краевая дислокация. Винтовая дислокация. Скольжение и переползание краевой дислокации. Энергия дислокаций.
Уметь	Выбирать кристаллический материал для заданных условий эксплуатации, с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности;	Изобразить модели винтовой и краевой дислокаций. Изобразить модели винтовой и краевой дислокации в типичных металлических структурах. Охарактеризовать дефекты упаковки. Объяснить механизм торможения дислокаций. Объяснить причины взаимодействия дислокаций с примесными атомами.
Владеть	Навыками кристаллического выбора материалов для заданных условий эксплуатации, с учетом требований технологичности, экономичности, надежности.	Построить контур Бюргерса для винтовой и краевой дислокаций. Изобразить атомное строение винтовой и краевой дислокаций. Изобразить схематично границы наклона и кручения, границы зерен и субзерен, малоугловые границы, высокоугловые границы.

#### **б) Порядок проведения аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы кристаллографии» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений и проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме по вопросам, относящимся к лекционному материалу и практическим занятиям.

#### **Показатели и критерии оценивания экзамена:**

– на оценку «зачтено» – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «не зачтено» – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### Основная литература

1. Портной, В.К. Дефекты кристаллического строения металлов и методы их анализа : учебник / В.К. Портной, А.И. Новиков, И.С. Головин. — Москва : МИСИС, 2015. — 508 с. — ISBN 978-5-87623-856-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69739> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Аникина, В. И. Основы кристаллографии и дефекты кристаллического строения [Электронный ресурс] : Практикум / В. И. Аникина, А. С. Сапарова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2011. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-2195-6. - Текст : электронный. - URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/441367> (дата обращения: 01.09.2020)

### Дополнительная литература

1. Земсков, Ю.П. Материаловедение : учебное пособие / Ю.П. Земсков. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 188 с. — ISBN 978-5-8114-3392-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/113910> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Методические указания:

1. Завалищин А.Н., Покачалов В.В., Харитонов В.А. Линейные дефекты кристаллического строения металлов [Текст]. Учебное пособие. Магнитогорск, МГТУ, 2000.
2. Покачалов В.В. Описание элементарной ячейки кристаллической решетки. [Текст] Магнитогорск, МГМА, 1998.
3. Завалищин А.Н. Покачалов В.В. Стереографические проекции [Текст] Магнитогорск, МГМА, 2000.
4. В. Н. Арисова, О. В. Слаутин. Элементы структурной кристаллографии [Текст] Учебное пособие РПК «Политехник» Волгоград 2007 240 с. [http://www.ab1988.narod.ru/struktura/elementi\\_krist\\_arisova.PDF](http://www.ab1988.narod.ru/struktura/elementi_krist_arisova.PDF)

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2016	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно

1. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»: <https://dlib.eastview.com/>
2. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ): URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp)
3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar): URL: <https://scholar.google.ru/>
4. Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам: URL: <http://window.edu.ru/>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»: URL: <http://www1.fips.ru/>
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
7. Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp>
8. Университетская информационная система РОССИЯ: <https://uisrussia.msu.ru>

9. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»: <http://webofscience.com>
10. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»: <http://scopus.com>
11. Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals: <http://link.springer.com/>
12. Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols: <http://www.springerprotocols.com/>
13. Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference: <http://www.springer.com/references>
14. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН): <https://archive.neicon.ru/xmlui/>

#### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Аудитория для лекционных и практических занятий	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации, модели кристаллических решеток, плакаты,
Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Специализированная мебель. Станочный парк оборудования и инструменты для профилактического обслуживания и ремонта учебного оборудования. Помещение для хранения учебного оборудования