

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор  
по образовательной деятельности



А.А. Панфилов

« 02 » 09 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ**

(наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Профиль/программа подготовки Нанотехнологии и микросистемная техника

Уровень высшего образования бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточной аттестации (экзамен/зачет/зачет с оценкой)
3	4/144	36	18		63	Экзамен, 27ч.
Итого	4/144	36	18		63	Экзамен, 27ч.

Владимир 2019

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целью** освоения дисциплины является изучение теоретических основ кристаллографии и кристаллофизики, раскрытие связи между структурой и свойствами кристаллических тел.

### **Задачи дисциплины:**

- знакомство с теорией представления групп симметрии;
- изучение элементов и операций симметрии кристаллов;

получение практических навыков математического и компьютерного моделирования процессов кристаллообразования и формирования нанокластеров.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы кристаллографии» относится к обязательным дисциплинам базовой части ОПОП подготовки бакалавров по направлению «Нанотехнологии и микросистемная техника».

Изучение дисциплины предполагает наличие фундаментальных знаний, которые формируются у студентов при изучении предшествующих дисциплин базовой части: «Физика», «Математика», а также дисциплин вариативной части: «Введение в нанотехнологию», «Квантовая и статистическая физика»

Знания, полученные в рамках изучения данной дисциплины, могут быть применены при изучении других специальных дисциплин по направлению подготовки, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП

Код формируемых компетенций	Уровень освоения компетенции <sup>1</sup>	Планируемые результаты обучения по дисциплине характеризующие этапы формирования компетенций (показатели освоения компетенции)
1	2	3
ОПК-1	Частичное освоение	<b>Знать:</b> законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования; <b>Уметь:</b> использовать физические законы и принципы в своей профессиональной деятельности; проводить эксперименты по определению физико-химических свойств неорганических и органических веществ; проводить измерение основных электрических величин, определять параметры и характеристик электрических и электронных устройств; использовать прикладные программы и средства автоматизированного проектирования при решении инженерных задач. <b>Владеть:</b> математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.
ОПК-5	Частичное освоение	<b>Знать:</b> перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасное производство при производстве и исследовании материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; основы нанобезопасности. <b>Уметь:</b> оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и

		микросистемной техники. <b>Владеть:</b> методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.
ПК-1	Частичное освоение	<b>Знать:</b> физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. <b>Уметь:</b> решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. <b>Владеть:</b> математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.
ПК-4	Частичное освоение	<b>Знать:</b> базовое контрольно-измерительное оборудование для метрологического обеспечения исследований и промышленного производства наноматериалов и компонентов. <b>Уметь:</b> осуществлять диагностику неполадок и частичный ремонт измерительного, диагностического, технологического оборудования. <b>Владеть:</b> навыками мониторинга диагностического, технологического оборудования.

#### 4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС		
1	Симметрия кристаллов.	3	1-6	9	4		15	6/46%	Рейтинг-контроль №1
2	Структура кристаллов.	3	7-12	9	5		16	5/36%	Рейтинг-контроль №2
3	Свойства кристаллов.	3	13-15	9	4		15	6/46%	
4	Моделирование роста кристаллических структур.	3	16-18	9	5		17	5/36%	Рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр:		3	18	36	18	-	63	22/41%	Экзамен, 27ч.
Наличие в дисциплине КП/КР									-
Итого по дисциплине		3	18	36	18	-	63	22/41%	Экзамен, 27ч.

#### Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Симметрия кристаллов.

1.1. Способы образования твердых тел. Свойства кристаллических структур.

1.2. Точечные элементы симметрии кристаллов.

1.3. 32 класса точечной симметрии кристаллов.

1.4. Инверсионные и винтовые оси

1.5. 230 пространственных групп симметрии.

1.6. Геометрия многогранников роста кристаллов. Простые формы кристаллов.

Раздел 2. Структура кристаллов.

2.1. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка.

2.2. Сингонии. Типы простых решеток (SC, BCC, FCC).

2.3. 14 типов решеток Бравэ. Ячейки Вигнера-Зейтца.

2.4. Кристаллографические индексы Миллера. Обратная решетка.

2.5. Исследование кристаллической структуры. Дифракция Вульфа-Брэгга.

2.6. Метод Лауэ. Метод Дебая.

Раздел 3. Свойства кристаллов.

3.1. Классификация кристаллов по типам связей.

3.2. Тепловые свойства твердых тел.

3.3. Анизотропия кристаллов. Жидкие кристаллы.

Раздел 4. Моделирование роста кристаллических структур.

4.1. Физические модели роста кристаллов.

4.2. Метод дискретного моделирования. Упаковочное пространство.

4.3. Квазикристаллы и их модели.

### **Содержание практических занятий по дисциплине**

Тема 1. Изоморфизм групп преобразований симметрии и групп перестановок. 2ч.

Тема 2. Точечные операции симметрии (центр инверсии, поворотная ось, плоскость зеркального отражения). 2ч.

Тема 3. Инверсионные и винтовые оси. 2ч.

Тема 4. Простые решетки. Построение ячеек Вигнера-Зейтца. 2ч.

Тема 5. Кристаллографические плоскости. 2ч.

Тема 6. Геометрия многогранников роста. 2ч.

Тема 7. Упаковочное пространство. Двумерная модель кристалла. 2ч.

Тема 8. Дуальность графа и разбиения. Граф связности упаковки и его рост. 2ч.

Тема 9. Квазикристаллы на последовательности Фибоначчи и разбиении Пенроуза. Построение предфракталов. 2ч.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В преподавании дисциплины «*Основы кристаллографии*» используются разнообразные образовательные технологии как традиционные, так и с применением активных и интерактивных методов обучения.

Активные и интерактивные методы обучения:

- Групповая дискуссия (все практические занятия);
- Разбор конкретных ситуаций (все лекционные и практические занятия).

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**Текущий контроль успеваемости студентов**

**Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №1**

1. Точечные элементы и операции симметрии.
2. Изоморфизм групп преобразований симметрии и перестановок.
3. Определение всех преобразований симметрии у конечных объектов.
4. Инверсионные оси.
5. Винтовые оси.
6. Единичные направления в кристаллах
7. Многогранники роста кристаллов

**Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №2**

1. Элементарная ячейка и ее параметры.
2. Сингонии. Расчет простых решеток.

3. Решетки Бравэ.
4. Построение ячейки Вигнера-Зейтца.
5. Индексы Миллера.
6. Обратная решетка.
7. Дифракция Вульфа-Брэгга.
8. Рентгеноструктурный анализ.

#### **Примерный список вопросов к рейтинг-контролю №3**

1. Типы связей в кристаллах.
2. Волны в одномерном одноатомном кристалле
3. Анизотропия свойств в кристаллах.
4. Жидкие кристаллы.
5. Фотонные кристаллы.
6. Модели роста кристаллов.
7. Конструкция упаковочного пространства.
8. Квазикристаллы и их моделирование.
9. Конструктивные фракталы и предфракталы.

#### **Примерный перечень экзаменационных вопросов**

1. Точечные элементы и операции симметрии.
2. Способы образования твердых тел. Особенности кристаллических структур.
3. Инверсионные и винтовые оси.
4. Геометрия многогранников роста кристаллов. Простые формы кристаллов.
5. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка.
6. Сингонии. Типы простых решеток (SC, BCC, FCC).
7. 14 типов решеток Бравэ. Ячейки Вигнера-Зейтца.
8. Кристаллографические плоскости. Индексы Миллера.
9. Обратная решетка.
10. Основы теории дифракции. Дифракция Вульфа-Брэгга.
11. Рентгеноструктурный анализ. Метод Лауэ. Метод Дебая.
12. Классификация кристаллов по типам связей.
13. Тепловые свойства твердых тел. Фононная модель тепловых колебаний.
14. Анизотропия кристаллов. Жидкие кристаллы.
15. Фотонные кристаллы.
16. Физические модели роста кристаллов.
17. Метод дискретного моделирования. Упаковочное пространство.
18. Квазикристаллы и их модели.
19. Конструктивные фракталы и предфракталы.

#### **Вопросы для контроля самостоятельной работы:**

1. Стереографические проекции. Сетка Вульфа.
2. Структурные дефекты в кристаллах.
3. Теория плотнейших упаковок (Китайгородский).
4. Эпиморфизм и гомоморфизм групп.
5. Полиэдрические методы изображения кристаллических структур (метод Полинга – Белова).
6. Двойное лучепреломление и поляризация в кристалле.
7. Упаковки поликубов и полимино. Аппроксимация молекул поликубами.
8. Построение молекулярных полиэдров Вороного-Дирихле
9. Построение фрактала Мандельброта и Жулия.
10. Фракталы Серпинского, Коха и Гаспера.
11. Параметризация разбиения Розы.
12. Банки структурных данных.

Фонд оценочных средств для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ	
		Количество экземпляров изданий в библиотеке ВлГУ в соответствии с ФГОС ВО	Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
1	2	3	4
<b>Основная литература*</b>			
1. Сарина, М. П. Оптика. Квантовая природа излучения. Элементы квантовой механики. Основы физики твердого тела. Ядерная физика : учебное пособие / М. П. Сарина. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 123 с. — ISBN 978-5-7782-3581-6.	2018		<a href="http://www.iprbookshop.ru/91286.html">http://www.iprbookshop.ru/91286.html</a>
2. Ивлева, И. А. Минералогия и кристаллография : учебное пособие / И. А. Ивлева, О. А. Панова. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2017. — 116 с. — ISBN 2227-8397.	2017		<a href="http://www.iprbookshop.ru/80426.html">http://www.iprbookshop.ru/80426.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>			
1. Кашенко, А. П. Физика твердого тела. Физика ядра. Ядерные реакции : методические указания к практическим занятиям и домашним заданиям по дисциплинам: «Взаимодействие излучения с веществом», «Теоретическая физика», «Физические свойства твердых тел» / А. П. Кашенко, Г. С. Строковский, С. И. Шарапов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 20 с.	2015		<a href="http://www.iprbookshop.ru/55674.html">http://www.iprbookshop.ru/55674.html</a>
2. Избранные главы кристаллохимии и методы изучения наноструктурированных материалов : учебное пособие / Т.З. Лыгина, Р.Е. Фомина, А.М. Губайдуллина, С.В. Водопьянова ; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет, 2018. – 168 с.	2018		<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224114.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224114.html</a>

### 7.2. Интернет-ресурсы

1. Кристаллографическая и кристаллохимическая база данных для минералов и их структурных аналогов «МИНКРИСТ»// Режим доступа: <http://database.iem.ac.ru/mincryst/rus/>
2. Кембриджский банк структурных данных// Режим доступа: [http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client\\_log\\_in.php?first\\_attempt=1](http://webcsd.ccdc.cam.ac.uk/client_log_in.php?first_attempt=1)

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий *лекционного типа, занятий практического/лабораторного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.* Практические/лабораторные работы проводятся в 106-3, 107-3, 105-3.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения MS Word, MS Excel, Matlab.

Рабочую программу составил \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) *Аракелян С.М.*

Рецензент  
(представитель работодателя) *Ген. директор ООО "Владим.Тех" Осипов АВ*  
(место работы, должность, ФИО, подпись) *Осипов АВ*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_  
Протокол № 1 от 02.09.2019 года  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) *Аракелян С.М.*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Протокол № 1 от 02.09.2019 года  
Председатель комиссии \_\_\_\_\_  
(ФИО, подпись) *Аракелян С.М.*

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

---



**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ**

в рабочую программу дисциплины

«Основы кристаллографии»

образовательной программы направления подготовки

*28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

*Подпись*

*ФИО*