

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



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 07 » \_\_\_\_\_ 04 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Основы кристаллографии  
 (наименование дисциплины)

Направление подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

Программа подготовки

Уровень высшего образования бакалавриат  
 (бакалавр, магистр, дипломированный специалист)

Форма обучения очная  
 (очная, очно-заочная, заочная, сокращенная)

Семестр	Трудоём- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
5	5/180	36	8	-	90	экзамен (36)
<b>Итого</b>	5/180	36	8	-	90	экзамен (36)

г.Владимир  
 2015 г.

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Основы кристаллографии» студентами направления подготовки «Нанотехнологии и микросистемная техника» предполагает получение систематизированного представления о закономерностях атомного строения кристаллов, их симметрии, структурных типах кристаллических веществ, знание элементов и операций симметрии кристаллов, основных структурных типов кристаллических веществ, овладение навыками кристаллографических расчетов. Дисциплина является теоретической основой процесса технологического получения наноструктур твердых тел, а также методологической базой для моделирования процессов образования нанокластеров.

**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 вариативной 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. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- 1) способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов (ОПК-1);
- 2) способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-2).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

1) **Знать:** основную терминологию и номенклатуру кристаллографии, способы представления кристаллографических групп симметрии, основные закономерности роста кристаллов и их морфологии; зависимость характера кристаллической структуры от типа химической связи в ней (ОПК-1).

2) **Уметь:** описывать симметрию периодических объектов, проводить кристаллографические расчеты, работать с моделями идеальных кристаллических структур и их элементарных ячеек (ОПК-1).

3) **Владеть:** методами компьютерного и математического моделирования процессов формирования нанокластеров (ПК-9).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) 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 (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС			КП/КР
1	Симметрия кристаллов.	5	1-6	12	-	6	-	-	20	-	10/56%	Рейтинг-контроль №1 (6 неделя, на практическом занятии).
2	Структура кристаллов.	5	7-12	12	-	6	-	-	30	-	6/33%	Рейтинг-контроль №2 (12 неделя, на практическом занятии).
3	Свойства кристаллов.	5	13-15	6	-	3	-	-	10	-	4/44%	Рейтинг-контроль №3 (18 неделя, на практическом занятии).
4	Моделирование роста кристаллических структур.	5	16-18	6	-	3	-	-	30	-	7/78%	
Всего		5	18	36	-	18	-	-	90	-	27/50%	экзамен

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ ЛЕКЦИИ

### Раздел 1. Симметрия кристаллов.

- 1.1. Способы образования твердых тел. Свойства кристаллических структур. 2ч
- 1.2. Точечные элементы симметрии кристаллов. 2ч.
- 1.3. 32 класса точечной симметрии кристаллов. 2ч.
- 1.4. Инверсионные и винтовые оси 2ч.
- 1.5. 230 пространственных групп симметрии. 2ч.
- 1.6. Геометрия многогранников роста кристаллов. Простые формы кристаллов. 2ч.

### Раздел 2. Структура кристаллов.

- 2.1. Кристаллическая решетка. Элементарная ячейка. 2ч.
- 2.2. Сингонии. Типы простых решеток (SC, BCC, FCC). 2ч.
- 2.3. 14 типов решеток Бравэ. Ячейки Вигнера-Зейтца. 2ч.
- 2.4. Кристаллографические индексы Миллера. Обратная решетка. 2ч.
- 2.5. Исследование кристаллической структуры. Дифракция Вульфа-Брэгга. 2ч.
- 2.6. Метод Лауэ. Метод Дебая. 2ч.

### Раздел 3. Свойства кристаллов.

- 3.1. Классификация кристаллов по типам связей. 2ч.
- 3.2. Тепловые свойства твердых тел. 2ч.
- 3.3. Анизотропия кристаллов. Жидкие кристаллы. 2ч.

### Раздел 4. Моделирование роста кристаллических структур.

- 4.1. Физические модели роста кристаллов. 2ч.
- 4.2. Метод дискретного моделирования. Упаковочное пространство. 2ч.
- 4.3. Квазикристаллы и их модели. 2ч.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

- 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 рамках лекционного курса:

### **5.1. Активные и интерактивные формы обучения**

С целью формирования и развития профессиональных навыков студентов в учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой: (контрольные аудиторские работы, индивидуальные домашние работы).

### **5.2. Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов включает закрепление теоретического материала при подготовке к выполнению индивидуальной домашней работы, к практическим занятиям. Основа самостоятельной работы - изучение литературы по рекомендованным источникам и конспекту лекций.

### **5.3. Мультимедийные технологии обучения**

Некоторые из лекционных и практических занятий проводятся в виде презентаций в мультимедийной аудитории с использованием компьютерного проектора. Студентам предоставляется компьютерный курс лекций.

### **5.4. Рейтинг-контроль**

Рейтинг-контроль проводится три раза за семестр. Он предполагает оценку суммарных баллов по следующим составляющим: баллы на контрольных занятиях; качество выполнения домашних типовых заданий, рассматриваемых на практических занятиях. Распределение баллов по контрольным мероприятиям определяется лектором, ведущим дисциплину.

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

### **6.1. Экзаменационные вопросы**

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.

### 6.2. Вопросы рейтинг-контроля

#### **Рейтинг-контроля №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

#### **Рейтинг-контроля №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.

#### **Рейтинг-контроля №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.

### **6.3. 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. Полиэдрический 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 Рози.
12. Банки структурных данных.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература:**

1. Основы геометрической кристаллографии: учебное пособие / Новоселов К.Л. - Томск: Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 73 с.
2. Физика твердого тела для инженеров: учебное пособие/ Гуртов В.А., Осауленко Р.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Техносфера, 2012.— 560 с.

3. Физика твердого тела: учебное пособие / Ю.А. Стрекалов, Н.А. Тенякова. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 307 с.— ISBN 978-5-369-00967-3.

**Дополнительная литература:**

1. Кристаллохимия. Краткий курс: учебник/ Урусов В.С., Ерёмин Н.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2010.— 256 с.
2. Физика конденсированного состояния вещества: учебное пособие/ Геринг Г.И., Панова Т.В.— Электрон. текстовые данные.— Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2008.— 106 с.
3. Физика твердого тела: учебное пособие / Корнилович А.А., Ознобихин В.И., Суханов И.И., Холявко В.Н.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012.— 71 с.

**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**

Лекционные аудитории, оснащённые доской и переносным проектором для проведения занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов. Аудитории для проведения практических и лабораторных занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника.

Рабочую программу составил старший преподаватель каф. ФиПМ Горшков К.А.  
(ФИО, подпись)

Рецензент

(представитель работодателя) ш. ольг. научно-метод. отдела РКП "ГМП Газпром"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ \_\_\_\_\_

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

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

Протокол № 11 от 07.04.15 года

Председатель комиссии \_\_\_\_\_ С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016-2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ АРАКЕЛЯН С.М.

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ АРАКЕЛЯН С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 03.08.18 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ АРАКЕЛЯН С.М.