

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)

Институт прикладной математики, физики и информатики
 (Наименование института)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института



_____ К.С. Хорьков

« 30 » _____ 08 _____ 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ

(наименование дисциплины)

направление подготовки / специальность

28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника

(код и наименование направления подготовки (специальности))

направленность (профиль) подготовки

Нанотехнологии и микросистемная техника

(направленность (профиль) подготовки)

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

Дисциплина «Основы кристаллографии» относится к обязательным дисциплинам учебного плана.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-1 . Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и инженерных знаний, методов математического анализа и моделирования	ОПК-1.1. Знает основные законы естественных наук, методы математического анализа и моделирования, основные законы и методы инженерных дисциплин. ОПК-1.2. Умеет 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. ОПК-1.3. Владеет математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности	Знает: законы и принципы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования; Умеет: 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. Владеет: математическим аппаратом для описания, анализа, теоретического и экспериментального исследования и моделирования физических и химических систем, явлений и процессов, использования в обучении и профессиональной деятельности.	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты
ОПК-5 Способен осуществлять профессиональную деятельность с учётом	ОПК-5.1. Знает особенности правового регулирования профессиональной (в том числе интеллектуальной) деятельности, законодательство	Знает: перечень оборудования на производстве и в лаборатории, обеспечивающего безопасное производство при производстве и исследовании	Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты.

<p>экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов</p>	<p>РФ в области охраны труда, моральные и социально-правовые ограничения общества, экономические основы производства и финансовой деятельности предприятия, основы экологии и экологического законодательства. ОПК-5.2. Умеет составлять типовые контракты, выбирать режим правовой защиты результатов интеллектуальной деятельности, использовать основные экономические категории и экономическую терминологию, оценивать экологические ограничения в профессиональной деятельности. ОПК-5.3. Владеет приемами безопасного с экологической точки зрения использования технических средств в профессиональной деятельности, навыками социального взаимодействия на основе принятых в обществе и профессиональной деятельности моральных и правовых норм, базовыми методами экономической оценки проектов различного рода в профессиональной деятельности.</p>	<p>материалов и компонентов нано- и микросистемной техники; основы нанобезопасности. Умеет: оценивать по критериям эффективности и безопасности технические решения по технологии и применению материалов и компонентов нано- и микросистемной техники. Владеет: методами анализа и контроля наноструктурированных материалов и систем.</p>	
<p>ПК-1 Способен проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектов нано- и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий</p>	<p>ПК-1.1. Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.2. Умеет решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. ПК-1.3. Владеет математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники</p>	<p>Знает: физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Умеет решать задачи, использовать математический аппарат и численные методы компьютерного моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники. Владеет математическим аппаратом и методами компьютерных технологий для моделирования объектов нанотехнологии и микросистемной техники.</p>	<p>Индивидуальные практико-ориентированные задания, статьи, рефераты.</p>

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа

Тематический план
форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Симметрия кристаллов.	3	1-6	9	4	-	3	15	Рейтинг-контроль №1
2	Структура кристаллов.	3	7-12	9	5	-	2	16	Рейтинг-контроль №2
3	Свойства кристаллов.	3	13-15	9	4	-	3	15	
4	Моделирование роста кристаллических структур.	3	16-18	9	5	-	2	17	Рейтинг-контроль №3
Всего за 3 семестр:			18	36	18	-	-	63	Экзамен, 27ч.
Наличие в дисциплине КП/КР			-	-	-	-	-	-	
Итого по дисциплине			18	36	18	-	-	63	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. 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 префракталы.

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 Жулиа.
10. Фракталы Серпинского, Коха и Гаспера.
11. Параметризация разбиения Розы.
12. Банки структурных данных.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕ ННОСТЬ
		Наличие в электронной библиотеке ВлГУ
Основная литература		
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	http://www.iprbookshop.ru/91286.html
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	http://www.iprbookshop.ru/80426.html
Дополнительная литература		
1. Кащенко, 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. Кащенко, Г. С. Строковский, С. И. Шарапов. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 20 с.	2015	http://www.iprbookshop.ru/55674.html
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	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788224114.html

6.2. 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

7. 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, 121-7

Перечень используемого оборудования:

- 1) Рентгенофлуоресцентный спектрометр последовательного анализа ARLADVANT'X,
- 2) Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE,
- 3) Анализатор азота и кислорода в металлах и сплавах МЕТАВАК-АК,
- 4) Рентгеновский дифрактометр SAXESS.

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

Рабочую программу составил _____ д.ф.-м.н. профессор каф. ФиПМ Аракелян С.М.
(должность, ФИО, подпись)

Рецензент
Генеральный директор ООО «ВладИнТех» _____ А.В. Осипов
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
на заседании учебно-методической комиссии направления 28.03.01
Протокол №1 от 30.08.2021 года
Председатель комиссии _____ С.М. Аракелян
(ФИО, должность, подпись)

ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 22 / 20 23 учебный года

Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.2022 года

Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____