

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
материаловедения и индустрии наносистем



В.М. Иевлев

20.06.2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.08 Кристаллохимия**

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
*04.05.01 – Фундаментальная и прикладная химия*
- 2. Профиль подготовки/специализации:** \_\_\_\_\_
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** *специалист*
- 4. Форма образования:** *очная*
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** *материаловедения и индустрии наносистем*
- 6. Составители программы:** *Кострюков Виктор Федорович, доктор химических наук, доцент*
- 7. Рекомендована:** Научно-методическим советом химического факультета, протокол № 5 от 24.05.2018
- 8. Учебный год:** *2019 / 2020*                      **Семестр(-ы):** *3*
- 9. Цели и задачи учебной дисциплины:**  
изучение зависимости пространственного строения веществ, их физико-химических свойств в зависимости от типа химической связи, которая реализуется между структурными единицами вещества. В основу положены свойство симметрии и Периодический закон как основа химической систематики. Рассматривается классификация структурных типов и особенностей пространственного строения простых веществ, а также бинарных и сложных химических соединений.
- 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** (цикл, к которому относится дисциплина, требования к входным знаниям, умениям и компетенциям, дисциплины, для которых данная дисциплина является предшествующей)  
обязательная дисциплина вариативной части.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	<p>Знать:</p> <p>теоретические основы строения вещества, проблемы развития кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа,</p> <p>Уметь:</p> <p>описывать свойства кристаллических веществ и основные области применения на основе их строения.</p> <p>Владеть:</p> <p>методологией анализа кристаллической структуры, основными подходами к экспериментальному исследованию строения вещества.</p>
ОПК-3	Способность использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности	<p>Знать: элементы теории дифракции;</p> <p>Уметь: рассчитывать межплоскостные расстояния;</p> <p>Владеть: способами обработки дифракционных данных.</p>
ОПК-4	Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникативных технологий и вычислительных средств с учетом основных требований информационной безопасности	<p>Знать: новейшие информационно-коммуникационные технологии в области кристаллохимии;</p> <p>Уметь: пользоваться различными источниками информации и новейшими информационными технологиями в области кристаллохимии;</p> <p>Владеть: современными методами научных исследований в области кристаллохимии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий</p>
ПК-3	Владении системой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	<p>Знать:</p> <p>основные особенности и закономерности строения простых веществ и наиболее важных и интересных неорганических, координационных, органических, супрамолекулярных и других соединений</p> <p>Уметь:</p> <p>анализировать структурные данные, иметь представление о связях кристаллической структуры с физико-химическими свойствами и применять полученные кристаллохимические знания на практике для направленного синтеза, предсказания и понимания свойств новых веществ и материалов.</p> <p>Владеть:</p> <p>основными понятиями общей кристаллохимии: типы химических связей атомов и отвечающие им кристаллохимические радиусы, структурные единицы кристалла, способы упаковки этих единиц и критерии устойчивости структуры, основные структурные типы и структурообразующие факторы, структурная классификация полиморфных переходов, видов изомор-</p>

	физма, твердых растворов и нестехиометрических соединений;
--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.(в соответствии с учебным планом) — 2/72.**

**Форма промежуточной аттестации: зачет**

**13 Виды учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)				
	Всего	В том числе в интерактивной форме	По семестрам		
			№ сем.	№ сем.	.....
Аудиторные занятия	54	–	3		
в том числе: лекции	18	–	3		
практические	36	–	3		
лабораторные	–	–	–		
Самостоятельная работа	18	–	3		
Форма промежуточной аттестации:					
Итого:	72	–	3		

**13.1. Содержание дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Введение. Понятие симметрии. Симметрия как всеобщее свойство природы. Стереохимия и кристаллохимия.	Предмет и задачи кристаллохимии. Симметрия в природе и творениях человека. Стереохимия и кристаллохимия. Кристаллохимия: ее основные задачи как науки. Физическая и геометрическая кристаллография. Место кристаллохимии среди других естественных наук.
1.2	Агрегатное состояние вещества. Кристаллы. Аморфное и кристаллическое состояние твердых тел. Основные понятия стереохимии и кристаллохимии.	Агрегатное состояние вещества. Свойства газов, жидкостей, твердых тел и плазмы. Кристаллическое и аморфное состояние твердого тела. Основные понятия о кристаллах. Поли- и монокристаллы. Явления полиморфизма и аллотропии. Дефекты кристаллической структуры. Идеальные и реальные кристаллы. Проявление упорядоченности в газообразных и конденсированных системах. Понятие о фазе – носителе свойств вещества в кристаллах немолекулярной структуры. Способы изображения структуры веществ.
1.3	Макроскопические признаки кристаллов. Закон постоянства двугранных углов.	Макроскопические свойства кристаллов: однородность, анизотропия, симметрия, ограниченность. Закон постоянства двугранных углов: классическая формулировка и современное прочтение. Естественные и искусственные кристаллы.
1.4	Кристаллографические проекции.	Полярный комплекс кристалла. Кристаллографические проекции: сферическая, стереографическая и гномостереографическая. Системы коор-

		динат. Сетки Вульфа. Правила построения стереографической и гномостереографической проекций.
1.5	Элементы симметрии конечных фигур. Сочетание элементов симметрии.	Элементы симметрии конечных фигур. Элементы симметрии 1-го рода: центр симметрии, плоскость зеркального отражения. Оси симметрии: элементарный угол поворота и порядок оси. Элементы симметрии 2-го рода: инверсионные оси, зеркально-поворотные оси. Сложение элементов симметрии. Основные теоремы о сложении элементов симметрии.
1.6	Трансляционная симметрия. Понятие об элементарной ячейке.	Понятие о трансляционной симметрии. Элементарная трансляция. Бесконечный узловый ряд, плоская сетка, пространственная решетка. Условия выбора элементарных ячеек плоской сетки и пространственной решетки. Параметры элементарной ячейки. Кристаллическая структура и пространственная решетка. Теорема Кюри.
1.7	Категории и сингонии.	Симметрично равные и единичные направления в кристаллах. Категории (высшая, средняя и низшая) и сингонии (кубическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная, ромбическая, моноклинная и триклинная). Кристаллографические координатные оси. Метрика и установка кристаллов различных сингоний.
1.8	Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи.	Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи. Основные типы взаимодействия металлов друг с другом. Кристаллические структуры твердых растворов <i>металлов</i> и интерметаллических соединений. Соединения Курнакова, фазы внедрения, фазы Лавеса, электронные соединения Юм-Розери. Ионные радиусы. Размерный фактор в кристаллических структурах с ионной связью. Поляризация ионов.
1.9	Основы рентгенографического анализа кристаллических структур	Рентгеновское излучение. Томозное и характеристическое излучение. Дифракция и интерференция. Дифракционная решетка. Уравнение Вульфа-Брэгга. Основные методы получения дифракционной картины в свете отражательной теории дифракции. Рентгенофазовый анализ. Методы измерения параметров решетки.
<b>2. Практические занятия</b>		
2.1	Введение. Понятие симметрии. Симметрия как всеобщее свойство природы. Стереохимия и кристаллохимия.	Предмет и задачи кристаллохимии. Симметрия в природе и творениях человека. Стереохимия и кристаллохимия. Кристаллохимия: ее основные задачи как науки. Физическая и геометрическая кристаллография. Место кристаллохимии среди других естественных наук.
2.2	Агрегатное состояние вещества. Кристаллы. Аморфное и кристалли-	Агрегатное состояние вещества. Свойства газов, жидкостей, твердых тел и плазмы. Кристаллическое и аморфное состояние твердого тела. Ос-

	ческое состояние твердых тел. Основные понятия стереохимии и кристаллохимии.	новые понятия о кристаллах. Поли- и монокристаллы. Явления полиморфизма и аллотропии. Дефекты кристаллической структуры. Идеальные и реальные кристаллы. Проявление упорядоченности в газообразных и конденсированных системах. Понятие о фазе – носителе свойств вещества в кристаллах немолекулярной структуры. Способы изображения структуры веществ.
2.3	Макроскопические признаки кристаллов. Закон постоянства двугранных углов.	Макроскопические свойства кристаллов: однородность, анизотропия, симметрия, ограниченность. Закон постоянства двугранных углов: классическая формулировка и современное прочтение. Естественные и искусственные кристаллы.
2.4	Кристаллографические проекции.	Полярный комплекс кристалла. Кристаллографические проекции: сферическая, стереографическая и гномостереографическая. Системы координат. Сетки Вульфа. Правила построения стереографической и гномостереографической проекций.
2.5	Элементы симметрии конечных фигур. Сочетание элементов симметрии.	Элементы симметрии конечных фигур. Элементы симметрии 1-го рода: центр симметрии, плоскость зеркального отражения. Оси симметрии: элементарный угол поворота и порядок оси. Элементы симметрии 2-го рода: инверсионные оси, зеркально-поворотные оси. Сложение элементов симметрии. Основные теоремы о сложении элементов симметрии.
2.6	Трансляционная симметрия. Понятие об элементарной ячейке.	Понятие о трансляционной симметрии. Элементарная трансляция. Бесконечный узловый ряд, плоская сетка, пространственная решетка. Условия выбора элементарных ячеек плоской сетки и пространственной решетки. Параметры элементарной ячейки. Кристаллическая структура и пространственная решетка. Теорема Кюри.
2.7	Категории и сингонии.	Симметрично равные и единичные направления в кристаллах. Категории (высшая, средняя и низшая) и сингонии (кубическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная, ромбическая, моноклинная и триклинная). Кристаллографические координатные оси. Метрика и установка кристаллов различных сингоний.
2.8	Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи.	Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи. Основные типы взаимодействия металлов друг с другом. Кристаллические структуры твердых растворов <i>металлов</i> и интерметаллических соединений. Соединения Курнакова, фазы внедрения, фазы Лавеса, электронные соединения Юм-Розери. Ионные радиусы. Размерный фактор в кристаллических структурах с ионной связью. Поляризация ионов.
2.9	Основы рентгенографии	Рентгеновское излучение. Томозное и характери-

	ческого анализа кристаллических структур	стичекое излучение. Дифракция и интерференция. Дифракционная решетка. Уравнение Вульфа-Брэгга. Основные методы получения дифракционной картины в свете отражательной теории дифракции. Рентгенофазовый анализ. Методы измерения параметров решетки.
--	--	---

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Введение. Понятие симметрии. Симметрия как всеобщее свойство природы. Стереохимия и кристаллохимия.	2	4	-	2	8
2	Агрегатное состояние вещества. Кристаллы. Аморфное и кристаллическое состояние твердых тел. Основные понятия стереохимии и кристаллохимии.	2	4	-	2	8
3	Макроскопические признаки кристаллов. Закон постоянства двугранных углов.	2	4	-	2	8
4	Кристаллографические проекции.	2	4	-	2	8
5	Элементы симметрии конечных фигур. Сочетание элементов симметрии.	2	4	-	2	8
6	Трансляционная симметрия. Понятие об элементарной ячейке.	2	4		2	8
7	Категории и сингонии.	2	4		2	8
8	Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи.	2	4		2	8
9	Основы рентгенографического анализа кристаллических структур	2	4		2	8
Итого:		18	36		18	72

**14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**  
(рекомендации обучающимся по освоению дисциплины: работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение практических заданий, тестов, заданий текущей аттестации и т.д.)

Организация изучения дисциплины предполагает:

- изучение основных и дополнительных литературных источников;

- текущий контроль успеваемости в форме устного опроса по основным разделам дисциплины.

**15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)**

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия / Ю.К. Егоров-Тисменко. - М. : Университет. Книжный Дом, 2012. – 587 с.
2.	Чупрунов Е.В. Кристаллография / Е.В. Чупрунов, А.Ф. Хохлов, М.А. Фадеев.- М. : Физматлит, 2006. – 494 с.
3.	Мюллер У. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер. – Долгопрудный : ИД «Интеллект». – 2010. – 356 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
4	Бокий Г.Б. Кристаллохимия / Г.Б. Бокий - М. : Наука, 1971. – 400 с.
5	Шаскольская М.П. Кристаллография / М.П. Шаскольская. – М. : Высшая школа, 1984. – 375 с.
6	Зоркий П.М. Симметрия молекул и кристаллических структур / П.М. Зоркий. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 232 с.
7	Угай Я.А. Общая и неорганическая химия / Я.А. Угай. – М. : Высшая школа, 2004. – 527 с.
8	Самойлов А.М. Современное содержание основных понятий кристаллохимии. Методическое пособие для студентов 1 к. хим. ф-та / А.М. Самойлов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. – 32 с.
9	Современная кристаллография / Под ред. Б.К. Вайнштейна: в 4-х т. М. : Наука, 1979. – Т. 1 – 337 с.; Т. 2 – 398 с.; Т. 3 – 364 с.; Т. 4 – 402 с.
10	Урусов В.С. Теоретическая кристаллохимия / В.С. Урусов. - М. : Изд-во МГУ, 1987. – 376 с.
11	Уэллс А. Структурная неорганическая химия / А. Уэллс: в 3-х т. М. : Мир, 1988. – Т. 1 – 405 с.; Т. 2 – 694 с.; Т. 3 – 563 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
12	<a href="https://www.lib.vsu.ru/">https://www.lib.vsu.ru/</a> - сайт Зональной Научной Библиотеки Воронежского государственного университета
13	<a href="http://www.nanometer.ru/">http://www.nanometer.ru/</a> - Нанотехнологическое сообщество «Нанометр»

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)**

**17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)**

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

- Учебная, научная и справочная литература по данному курсу.

## 19. Фонд оценочных средств:

### 19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1 Способность воспринимать, развивать и использовать теоретические основы традиционных и новых разделов химии при решении профессиональных задач	Знать: теоретические основы строения вещества, проблемы развития кристаллохимии и рентгеноструктурного анализа.	Все разделы	Практические занятия
	Уметь: описывать свойства кристаллических веществ и основные области применения на основе их строения.	Все разделы	Практические занятия
	Владеть: методологией анализа кристаллической структуры, основными подходами к экспериментальному исследованию строения вещества.	Все разделы	Практические занятия
ОПК-3 Способность использовать теоретические основы фундаментальных разделов математики и физики в профессиональной деятельности	Знать: элементы теории дифракции.	Все разделы	Практические занятия
	Уметь: рассчитывать межплоскостные расстояния	Все разделы	Практические занятия
	Владеть: способами обработки дифракционных данных.	Все разделы	Практические занятия
ОПК-4 Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникативных технологий и вычислительных средств с учетом основных требований информационной безопасности	Знать: новейшие информационно-коммуникационных технологии в области кристаллохимии;	Все разделы	Практические занятия
	Уметь: пользоваться различными источниками информации и новейшими информационными технологиями в области кристаллохимии;	Все разделы	Практические занятия
	Владеть: современными методами научных исследований в области кристаллохимии, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	Все разделы	Практические занятия
ПК-3 Владение сис-	Знать:	Все разделы	Практические



темой фундаментальных химических понятий и методологических аспектов химии, формами и методами научного познания	основные особенности и закономерности строения простых веществ и наиболее важных и интересных неорганических, координационных, органических, супрамолекулярных и других соединений		занятия
	Уметь: анализировать структурные данные, иметь представление о связях кристаллической структуры с физико-химическими свойствами и применять полученные кристаллохимические знания на практике для направленного синтеза, предсказания и понимания свойств новых веществ и материалов.	Все разделы	Практические занятия
	Владеть: основными понятиями общей кристаллохимии: типы химических связей атомов и отвечающие им кристаллохимические радиусы, структурные единицы кристалла, способы упаковки этих единиц и критерии устойчивости структуры, основные структурные типы и структурообразующие факторы, структурная классификация полиморфных переходов, видов изоморфизма, твердых растворов и нестехиометрических соединений	Все разделы	Практические занятия
<b>Промежуточная аттестация</b>			<b>КИМ</b>

## 19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

### Пример:

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено  
Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Владение основным материалом курса, полные и правильные ответы на зачете.	<i>Пороговый уровень</i>	<i>Зачтено</i>
Отсутствие знаний по вопросу билета на зачете или	–	<i>Не зачтено</i>

неверные, значительно искаженные ответы.		
--	--	--

**19.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**19.3.1 Перечень вопросов к зачету:**

1. Предмет и задачи кристаллохимии. Место кристаллохимии среди других естественных наук.
2. Кристаллическое и аморфное состояние твердого тела. Основные понятия о кристаллах.
3. Явления полиморфизма и аллотропии.
4. Дефекты кристаллической структуры. Идеальные и реальные кристаллы.
5. Макроскопические свойства кристаллов: однородность, анизотропия, симметрия, ограниченность.
6. Закон постоянства двугранных углов: классическая формулировка и современное прочтение.
7. Полярный комплекс кристалла. Кристаллографические проекции: сферическая, стереографическая и гномостереографическая.
8. Системы координат. Сетки Вульфа.
9. Правила построения стереографической и гномостереографической проекций.
10. Элементы симметрии 1-го рода: центр симметрии, плоскость зеркального отражения.
11. Элементы симметрии 2-го рода: инверсионные оси, зеркально-поворотные оси.
12. Сложение элементов симметрии. Основные теоремы о сложении элементов симметрии.
13. Понятие о трансляционной симметрии. Элементарная трансляция.
14. Условия выбора элементарных ячеек плоской сетки и пространственной решетки.
15. Категории (высшая, средняя и низшая) и сингонии (кубическая, тетрагональная, тригональная, гексагональная, ромбическая, моноклинная и триклинная).
16. Кристаллографические координатные оси. Метрика и установка кристаллов различных сингоний.
17. Основные кристаллохимические особенности металлического, ковалентного и ионного типов связи.
18. Соединения Курнакова, фазы внедрения, фазы Лавеса, электронные соединения Юм-Розери.
19. Рентгеновское излучение. Томозное и характеристическое излучение.
20. Дифракция и интерференция. Дифракционная решетка. Уравнение Вульфа-Брэгга.
21. Основные методы получения дифракционной картины в свете отражательной теории дифракции.
22. Рентгенофазовый анализ. Методы измерения параметров решетки.

**19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: *устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа, доклады)*. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются качественная шкала оценок. Критерии оценивания приведены выше.