

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

По дисциплине Б1.В.02 Минералогия и кристаллохимия
указывается цикл (раздел) ОП, к которому относится дисциплина, название дисциплины

Для направления подготовки (специальности) 05.04.01 Геология
код и наименование направления подготовки (специальности)

Направленность программы (профиль) Прикладная геохимия, минералогия и петрология
наименование профиля /специализаций/образовательной программы

Квалификация выпускника, уровень подготовки магистр
(указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО)

Апатиты

2020

Лист согласования

1 Разработчик:

доцент
должность

УАиМ



Л.М. Лялина
И.О. Фамилия

ст. препод.
должность

УАиМ



М.Ю. Сидоров
И.О. Фамилия

2. Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании учебно-методической комиссии управления аспирантуры и магистратуры 29 июня 2020 года, протокол № 02.

Председатель УМК УАиМ

29.06.2020
дата



Л.Д. Кириллова
И.О.Фамилия

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Методические указания составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта по образовательной программе высшего образования – программе магистратуры по направлению подготовки 05.04.01 Геология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28.08.2015 г. № 912.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: освоение студентами знаний о закономерностях атомного строения кристаллических веществ. Эти знания являются основой для всестороннего изучения природных минералов и их синтетических аналогов; для понимания закономерностей связи физических и химических свойств с кристаллической структурой минералов, процессов и условий образования/преобразования кристаллического вещества.

Задачи дисциплины:

- дать теоретические основы кристаллического строения вещества;
- ознакомить с современными представлениями о законах симметрии кристаллической решетки; типах химической связи в кристаллах; факторах, определяющих структуру кристаллов; структурном разнообразии кристаллических веществ; полиморфизме и изоморфизме; взаимосвязи между структурой и физическими и химическими свойствами минералов.
- заложить знания о кристаллохимической систематике минералов и кристаллохимии важнейших классов минералов.

В результате освоения программы дисциплины «Минералогия и кристаллохимия» студенты направления 05.04.01 Геология должны

Знать:

- важнейшие характеристики кристаллического вещества (симметрия, свойства атомов и химическая связь); способы (методы) геометрического описания кристаллической структуры; основы теории плотнейшей упаковки частиц в структурах и наиболее значимые типы упаковок;
- сущность явлений изоморфизма и полиморфизма и их закономерности;
- современные кристаллохимические систематики минералов;
- особенности кристаллохимии важнейших классов минералов, конкретных пороодообразующих и рудных минералов.

Уметь:

- опираясь на знания по кристаллохимии проследить взаимосвязь между кристаллической структурой и физическими и химическими свойствами соединения;
- описывать явления изоморфизма и полиморфизма на кристаллохимической основе и формулировать выводы об особенностях процессов минералообразования;
- по моделям и описаниям кристаллических структур минералов определять их основные геометрические и кристаллохимические характеристики.

Владеть: навыками научно-исследовательской работы, основными теоретическими представлениями о кристаллическом строении веществ и их свойствах, умением применять теоретические знания к анализу, оценке и интерпретации наблюдений и экспериментальных данных.

Планируемые результаты обучения в рамках данной дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) «**Минералогия и кристаллохимия**» направлен на формирование элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО 05.04.01 Геология (уровень магистратуры). Результаты формирования компетенций и обучения представлены в таблице.

Таблица – Результаты обучения

№ п/п	Код компетенции	Компоненты компетенции, степень их реализации	Результаты обучения
1.	ОК – 3. Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, компетенция реализуется полностью	Знать: - основные понятия, цели, задачи минералогии и кристаллохимии. Уметь: - формулировать цели и определять пути их достижения; - находить информацию в различных источниках. Владеть: - методами сбора информации, ее обработки и анализа.
2.	ОПК – 1. Способность самостоятельно приобретать, осмысливать, структурировать и использовать	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	Знать: - основные проблемы и задачи минералогии и кристаллохимии. Уметь: - самостоятельно анализировать и систематизировать новые знания;

	<p>профессиональной деятельности новые знания и умения, развивать свои инновационные способности.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - структурировать и использовать новые знания; - развивать инновационные способности. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами адаптации новых знаний в профессиональной деятельности.
3.	<p>ПК – 1. Способность формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов геологических наук и специализированных знаний, полученных при освоении программы магистратуры.</p>	<p>Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базовые понятия фундаментальных разделов минералогии и кристаллохимии. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формировать диагностические решения профессиональных задач путем интеграции фундаментальных разделов минералогии и кристаллохимии. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методами интеграции фундаментальных разделов минералогии и кристаллохимии.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии: учебное пособие/ под науч. ред. Б.И.Пирогова и Б.Б.Шкурского. М.: КДУ, 2008. - 736с.
2. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: учебник для вузов. М.: КДУ, 2005. - 592с.
3. Булах А.Г. Общая минералогия. С-Пб.: СПбГУ, 1999. - 356с.
4. Кристаллохимия. Краткий курс [Электронный ресурс]: учебник / Урусов В.С., Ерёмин Н.Н. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2010. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785211054974.html>
5. Пугачев, В.М. Кристаллохимия : учебное пособие / В.М. Пугачев. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2013. - 104 с. - ISBN 978-5-8353-1322-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232461> (20.12.2018).
6. Бойко, С.В. Кристаллография и минералогия. Основные понятия : учебное пособие / С.В. Бойко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2015. - 212 с. : табл., ил. - Библиогр.: с. 190-194. - ISBN 978-5-7638-3223-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=435663> (20.12.2018).

Дополнительная:

7. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. М.: Госгеолтехиздат, 1961. - 543с.
8. Бетехтин, А.Г. Курс минералогии : учебное пособие / А.Г. Бетехтин. - Москва : Гос. изд-во геол. лит., 1951. - 542 с. : ил. - ISBN 978-5-4475-1943-8 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=255761> (11.02.2019).
9. Бетехтин, А.Г. Минералогия / А.Г. Бетехтин. - Москва : Государственное издательство географической литературы, 1950. - 960 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=471361> (20.12.2018).

СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Задачи кристаллохимии минералов. Структурная минералогия. Атомы химических элементов как составные части минералов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Основные законы кристаллохимии
- ✓ Типы выражения кристаллических структур
- ✓ Метод Полинга
- ✓ Периодическая система элементов
- ✓ Типы элементов по электронному строению
- ✓ Геохимические системы элементов

Рекомендуемая литература: [2], [4], [5]

2. Типы связи атомов, валентность, размеры атомов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Размеры атомов. Анионы и катионы
- ✓ Типы связи атомов в структурах
- ✓ Металлическая и ковалентная связь
- ✓ Ионная связь

Рекомендуемая литература: [1-9]

3. Изоморфизм и полиморфизм.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Изовалентный изоморфизм
- ✓ Гетеровалентный изоморфизм
- ✓ Правило Грима-Гольдшмидта
- ✓ Полиморфизм
- ✓ Политипия

Рекомендуемая литература: [1-9]

4. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Координационные числа и координационные многогранники.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Типы плотнейших упаковок анионов и металлов
- ✓ Геометрические свойства плотнейших упаковок
- ✓ Координационное число
- ✓ Координационный полиэдр

Рекомендуемая литература: [1-9]

5. Основные типы кристаллических структур.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Координационный тип
- ✓ Островной мотив
- ✓ Цепочечный и ленточный мотивы
- ✓ Слоистый мотив
- ✓ Каркасный мотив

Рекомендуемая литература: [1-9]

6. Симметрия структуры кристаллов, решетки Браве. Элементы симметрии кристаллических структур. Пространственные группы симметрии.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Элементы пространственной решетки
- ✓ Ячейки Браве
- ✓ Элементы симметрии для точки в пространстве
- ✓ Типы пространственных групп
- ✓ Правило выбора пространственных групп
- ✓ Обозначения пространственных групп

Рекомендуемая литература: [1-9]

7. Кристаллохимическая систематика минералов. Кристаллохимия самородных элементов, металлов и интерметаллических соединений.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Главные структурные типы
- ✓ Металлы
- ✓ Металлоиды (полуметаллы)
- ✓ Неметаллы
- ✓ Явление полиморфизма в классе элементов

Рекомендуемая литература: [1-9]

8. Кристаллохимия безкислородных природных соединений. Сульфиды и аналоги. Галогениды.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Основные структурные типы
- ✓ Явление полиморфизма в классе сульфидов
- ✓ Сульфосоли – сущность выделения в самостоятельный раздел систематики
- ✓ Преемственность структурных типов в классах элементов и сульфидов
- ✓ Главные структурные типы галогенидов

Рекомендуемая литература: [1-9]

9. Кристаллохимия оксидов и гидроксидов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Принципы систематики
- ✓ Основные таксоны внутриклассовой систематики
- ✓ Главные структурные типы
- ✓ Явление полиморфизма в классе оксидов

Рекомендуемая литература: [1-9]

10. Кристаллохимия силикатов. Подкласс островных и кольцевых силикатов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Принципы систематики силикатов.
- ✓ Группа оливина
- ✓ Группа циркона
- ✓ Полиморфизм в силикатах алюминия
- ✓ Группа граната
- ✓ Типы кольцевых анионных групп в силикатах
- ✓ Группа берилла

- ✓ Группа турмалина
- ✓ Группа эвдиалита

Рекомендуемая литература: [1-9]

11. Кристаллохимия силикатов. Подкласс цепочечных силикатов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Типы конденсированных цепочек в структурах силикатов
- ✓ Одиночные цепочки и ряд пироксенов
- ✓ Двойные цепочки и ряд амфиболов
- ✓ Группа волластонита

Рекомендуемая литература: [1-9]

12. Кристаллохимия силикатов. Подкласс слоистых силикатов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Типы кремнекислородных сеток.
- ✓ Систематика слоистых силикатов
- ✓ Принципы систематики слюд
- ✓ Хлориты и глинистые минералы

Рекомендуемая литература: [1-9]

13. Кристаллохимия силикатов. Подкласс каркасных силикатов.

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Принципы систематики каркасных силикатов
- ✓ Ряд калиевых полевых шпатов
- ✓ Группа плагиоклазов
- ✓ Явление изоморфизма и полиморфизма в полевых шпатах

Рекомендуемая литература: [1-9]

14. Кристаллохимия соединений с анионами разных типов (фосфаты, сульфаты, карбонаты и др.).

Вопросы для самоконтроля:

- ✓ Принципы систематики фосфатов, арсенатов и ванадатов
- ✓ Простые фосфаты и арсенаты
- ✓ Сложные фосфаты и арсенаты
- ✓ Принципы систематики и типы анионных полиэдров
- ✓ Простые сульфаты щелочных и щелочно-земельных металлов
- ✓ Представители видов в малых кислородных классах
- ✓ Кристаллохимия анионных полиэдров в карбонатах и нитратах
- ✓ Полиморфизм карбонатов кальция
- ✓ Ряд кальцита
- ✓ Ряд арагонита
- ✓ Типы анионных полиэдров в боратах

Рекомендуемая литература: [1-9]

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

Программой дисциплины предполагается выполнение контрольной работы в каждом семестре.

Вопросы контрольной работы (1 семестр)

1. Важнейшие свойства кристаллических веществ.
2. Атомы химических элементов. Строение.
3. Атомы химических элементов. Квантовые числа электронов.
4. Атомы химических элементов. Возбужденное состояние.
5. Типы химической связи. Металлическая связь.
6. Типы химической связи. Ионная связь.
7. Типы химической связи. Ковалентная связь.
8. Типы химической связи. Ван-дер-Ваальсовская связь.
9. Способы изображения структур.
10. Валентность. Радиусы атомов и ионов в кристаллах.
11. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Гексагональная плотнейшая упаковка.
12. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Кубическая плотнейшая упаковка.
13. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Типы пустот.
14. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Координационные числа и координационные многогранники.
15. Основные типы кристаллических структур. Структура кристалла и структурный тип.
16. Основные типы кристаллических структур. Классификация структурных типов.
17. Изоморфизм и полиморфизм. Определение. Примеры.
18. Изогонизм, изотипия, морфотропия (определения, примеры).
19. Условия, необходимые для проявления изоморфизма.
20. Изоморфизм и полиморфизм. Совершенный и несовершенный изоморфизм. Пределы изоморфизма.
21. Изоморфизм и полиморфизм. Изовалентный и гетеровалентный изоморфизм.
22. Изоморфизм и полиморфизм. Структурная классификация типов полиморфизма.
23. Изоморфизм и полиморфизм. Ряды изоморфизма.
24. Понятие кристаллической решетки. Трансляция.
25. Симметрия структуры кристаллов. Решетки Бравэ.
26. Элементы симметрии кристаллических структур.
27. Пространственные группы симметрии.
28. Главнейшая особенность кристаллических структур. Характерные свойства кристаллических веществ.

Контрольная работа «Кристаллохимия силикатов»

Студенты должны ответить на 4 вопроса (по выбору преподавателя):

1. Интерметаллическое соединение и твердый раствор. Определение, примеры.
2. Кристаллические структуры истинных металлов. Тип кубической плотнейшей упаковки (примеры, расположение плотно упакованных слоев, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники).

3. Кристаллические структуры истинных металлов. Тип гексагональной плотнейшей упаковки (примеры, расположение плотно упакованных слоев, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники).
4. Кристаллические структуры истинных металлов. Тип объемноцентрированной кубической ячейки (примеры, расположение плотно упакованных слоев, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники).
5. Структурный тип алмаза. Охарактеризовать тип ячейки, пространственную группу, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры соединений, кристаллизующихся в структурном типе алмаза, и их свойства.
6. Структурный тип графита. Характеристика структуры, элементарной ячейки плоской сетки и структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа. Физические свойства графита, как следствие его кристаллической структуры.
7. Кристаллохимия сульфидов и их аналогов. Структурный тип сфалерита. Характеристика структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры изоструктурных соединений. Свойства соединений со структурой сфалерита.
8. Кристаллохимия сульфидов и их аналогов. Структурный тип вюртцита. Характеристика структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры изоструктурных соединений.
9. Кристаллохимия сульфидов и их аналогов. Структурный тип молибденита. Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Свойства молибденита, как следствие кристаллической структуры. Примеры изоструктурных соединений.
10. Кристаллохимия сульфидов и их аналогов. Структурный тип халькопирита. Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры изоструктурных соединений.
11. Кристаллохимия галогенидов. Структурный тип NaCl . Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры изоструктурных соединений.
12. Кристаллохимия галогенидов. Структурный тип флюорита. Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Примеры изоструктурных соединений.
13. Кристаллохимия оксидов и гидроксидов. Структурный тип тапиолита. Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники.
14. Кристаллохимия оксидов и гидроксидов. Полиморфные модификации TiO_2 . Описание структуры, пространственная группа, число Z , координационные числа и координационные многогранники.
15. Кристаллохимия оксидов и гидроксидов. Структурный тип колумбита. Описание структуры, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Изоструктурные соединения.
16. Кристаллохимия силикатов. Роль алюминия в силикатах. Основные черты строения силикатов.
17. Кристаллохимия силикатов. Систематика силикатов.
18. Кристаллохимия островных и кольцевых силикатов. Структура циркона. Описание структуры, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Изоструктурные соединения.
19. Кристаллохимия островных и кольцевых силикатов. Структура гранатов. Описание структуры, число Z , координационные числа и координационные многогранники. Изоструктурные соединения.

20. Кристаллохимия островных и кольцевых силикатов. Структуры полиморфных модификаций Al_2SiO_5 . Описание структуры, число Z, координационные числа и координационные многогранники.
21. Кристаллохимия островных и кольцевых силикатов. Структура берилла. Описание структуры, число Z, координационные числа и координационные многогранники. Свойства берилла.
22. Кристаллохимия цепочечных силикатов. Типы цепочек.
23. Кристаллохимия цепочечных силикатов. Пироксены. Характеристика структуры.
24. Кристаллохимия цепочечных силикатов. Амфиболы. Характеристика структуры.
25. Кристаллохимия слоистых силикатов. Характеристика двух основных типов кремнекислородных мотивов.
26. Кристаллохимия слоистых силикатов. Двухслойные и трехслойные пачки в структурах слоистых силикатов.
27. Кристаллохимия каркасных алюмосиликатов. Характеристика структуры. Классификация каркасных алюмосиликатов.
28. Кристаллохимия фосфатов, сульфатов и других классов с тетраэдрическими анионными группами. Общая характеристика структур.
29. Кристаллохимия фосфатов, сульфатов и других классов с тетраэдрическими анионными группами. Структура апатита.
30. Кристаллохимия карбонатов, боратов, нитратов. Карбонаты – общая характеристика структур.
31. Кристаллохимия карбонатов, боратов, нитратов. Бораты – общая характеристика структур. Классификация боратов.

Практическое задание по кристаллохимии отдельных минеральных видов.

Задание включает в себя:

- 1) построение полиэдрического изображения структуры на заданные плоскости проекций по исходным данным (пространственная группа, параметры элементарной ячейки, координаты атомов);
- 2) изготовление модели по полученным результатам построения полиэдрического изображения структуры.

КОНТРОЛЬ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточной формой контроля знаний студентов, приобретенных при изучении дисциплины «Минералогия и кристаллохимия», является зачет (1 семестр) и экзамен (2 семестр).

Зачет выставляется по результатам работы студента в семестре. Если обучающийся набрал зачетное количество баллов согласно установленному диапазону по дисциплине с зачетом (от 60 до 100 баллов), то он считается аттестованным. Если обучающийся не набрал минимальное зачетное количество баллов (60 баллов), ему предоставляется возможность повысить рейтинг до минимального зачетного путем ликвидации задолженностей по отдельным точкам текущего контроля.

Основные контрольные вопросы при сдаче зачёта соответствуют вопросам контрольной работы, по которой студент получил неудовлетворительную оценку, и вопросам практических занятий.

Для проверки теоретической подготовки студентов по дисциплине, на экзамен выносятся следующие вопросы:

1. Задачи кристаллохимии минералов. Вопросы структурной минералогии.
2. Атомы химических элементов как составные части минералов
3. Типы связи атомов, валентность, размеры атомов в кристаллических структурах.
4. Плотнейшие упаковки частиц в кристаллических структурах. Координационные числа и координационные полиэдры.
5. Основные типы кристаллических структур.
6. Изоморфизм, полиморфизм и морфотропия. Общая характеристика и законы.
7. Изоморфизм. Виды изоморфизма.
8. Изоморфизм. Основные причины изоморфизма. Закон Гримма-Гольдшмидта.
9. Полиморфизм и преобразование кристаллических структур.
10. Полиморфизм. Кристаллохимическая классификация.
11. Симметрия структуры кристаллов. Понятие кристаллической решетки.
12. Симметрия структуры кристаллов. Трансляция.
13. Симметрия структуры кристаллов. Решетки Браве.
14. Симметрия структуры кристаллов. Элементы симметрии кристаллических структур.
15. Пространственные группы симметрии. Классификация ПС и международные правила записи.
16. Кристаллохимическая систематика минералов. Кристаллохимия самородных элементов, металлов и интерметаллических соединений.
17. Кристаллохимия бескислородных природных соединений. Сульфиды и аналоги. Галогениды.
18. Кристаллохимия оксидов и гидроксидов.
19. Кристаллохимия оксидов. Сложные оксиды.
20. Кристаллохимия оксидов. Простые оксиды.
21. Кристаллохимия гидроксидов.
22. Кристаллохимическая систематика силикатов.
23. Кристаллохимия силикатов. Подкласс островных силикатов.
24. Кристаллохимия силикатов. Подкласс кольцевых силикатов.
25. Кристаллохимия силикатов. Подкласс цепочечных силикатов.
26. Кристаллохимия силикатов. Подкласс слоистых силикатов.
27. Кристаллохимия силикатов. Подкласс каркасных силикатов.
28. Кристаллохимия фосфатов, сульфатов и других классов с тетраэдрическими анионными группами.