



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
Кафедра полезных ископаемых

УТВЕРЖДАЮ  
Декан геологического факультета  
С. Н. Иримина  
«23» марта 2023 г.



## Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: **Б1.О.14 Кристаллография**

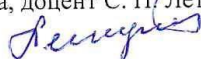
Направление подготовки: 05.03.01 «Геология»

Направленность подготовки: «Геология»; «Геология, разработка месторождений нефти и газа»

Квалификация выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК геологического  
факультета  
Протокол № 3 от «23» марта 2023 г.  
Председатель УМК геологического  
факультета, доцент С. П. Летунов



Рекомендовано кафедрой:  
Протокол № 6  
От «17» марта 2023 г.  
Зав. кафедрой полезных ископаемых,  
доцент Сасим С. А.



Иркутск 2023 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины	4
4. Содержание и структура дисциплины	5
4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	
4.2 План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	
4.3 Содержание учебного материала	
4.3.1 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	
4.3.2 Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение в рамках самостоятельной работы студентов	
4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:	16
а) перечень литературы	
б) периодические издания	
в) базы данных, поисково-справочные и информационные системы	
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины	18
7. Образовательные технологии	18
8. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации	18

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Цель: научить студентов понимать и, с этих позиций, интерпретировать связь свойств кристаллов (минералов) с их структурой и химическим составом, описывать внешнюю и внутреннюю структуру минералов с использованием специальной терминологии. Подготовить студентов к выполнению анализа данных полевых и лабораторных исследований кристаллического вещества, изучению специальных геологических дисциплин.

Задачи курса: изучить особенности проявления кристаллической природы минералов и вытекающих из этого их физических и физико-химических свойств; рассмотреть существующие теоретические положения о закономерностях строения, состава и свойств кристаллов, обучить студентов навыкам практического анализа внешнего и внутреннего строения кристаллов; разбираться в симметрии и морфологии кристаллов; сформировать навыки по описанию внешних форм минералов, научить базовым представлениям о процессах кристалло(минерало)образования в природных условиях; создать основу для правильной интерпретации результатов самостоятельной научной работы; обеспечить необходимую терминологическую базу для понимания специальной литературы.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина относится к блоку Б1 (Дисциплины) базовой части учебного плана по направлению 05.03.01 «Геология».

Дисциплина «Кристаллография» формирует основу для последующего изучения таких дисциплин, как «Минералогия», «Петрография», «Методы исследования минерального вещества», «Геохимия», «Литология».

Для освоения дисциплины «Кристаллография» студенты должны знать основы:

- Математики (геометрия);
- Химии (типы химической связи; периодическая система химических элементов; эффективные радиусы атомов и ионов);

- Физики (фазовые состояния вещества; оптика; плавление; растворение; кристаллизация).

Дисциплина «Кристаллография» формирует представления о кристаллическом состоянии вещества необходимых для изучения последующих специальных дисциплин, поэтому в учебном плане дисциплина представлена на 1 курсе в 1 семестре.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по направлению подготовки 05.03.01 «Геология»:

#### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
<b>ОПК-1</b> Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач	<i>ИДК ОПК1.1</i> Применяет знания фундаментальных разделов наук о Земле при решении стандартных профессиональных задач	<b><u>Знать:</u></b> знать основные законы кристаллической структуры, внешней формы, химического состава, физических свойств и условий образования кристаллов во взаимосвязи; специальную терминологию дисциплины; основные закономерности, характеризующие внешнее и внутреннее строение кристаллов, кристаллогенезис. <b><u>Уметь:</u></b> - определить элементы симметрии кристалла и провести его классификацию; назвать простую форму; определить в комбинациях простые формы; охарактеризовать внешние формы и внутреннее строение кристаллов. <b><u>Владеть:</u></b> приёмами описания

		различных кристаллических структур минералов.
<b>ОПК-1</b> Способен применять знания фундаментальных разделов наук о Земле, базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач	<b>ИДК ОПК1.2</b> Применяет базовые знания естественно-научного и математического циклов при решении стандартных профессиональных задач	<b>Знать:</b> знать основные процессы минералообразования; основы классификации, номенклатуры и химизма минералов; специальную терминологию дисциплины. <b>Уметь:</b> анализировать типоморфные особенности минералов для установления их связи с природным генетическим процессом образования; определять и делать описание минералов по комплексу физических свойств и диагностических признаков. <b>Владеть:</b> навыками кристаллографического описания и анализа минералов.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет **3 ЗЕ, 108 часов**.

Из них реализуется с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий 0 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестр
		1
Контактная работа (всего)		64
В том числе:		
Лекции		36
Лабораторные работы		18
КСР		4
Самостоятельная работа студента (всего)		44

В том числе:		
Работа над вопросами для самоподготовки по дисциплине		25
Подготовка презентации		9
Подготовка к зачёту		10
Вид промежуточной аттестации		зачёт
Общая трудоемкость, часы	108	108
зачетные единицы	3	3

#### 4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

##### **ТЕМА 1. ВВЕДЕНИЕ. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА КРИСТАЛЛОВ**

Предмет и задачи кристаллографии, её место среди других естественных наук, связь с ними. Основные этапы становления и развития науки о кристаллах. Роль кристаллографии при исследованиях минералов и геологических процессов.

Агрегатные состояния вещества. Понятие о ближнем и дальнем порядке в твёрдом теле. Кристалл и кристаллическое вещество. Общие свойства кристаллов: однородность, анизотропия, симметричность, способность самоограняться. Поликристаллы и монокристаллы. Векторные и скалярные свойства кристаллов. Распространенность кристаллов в природе.

##### **ТЕМА 2. КРИСТАЛЛОГЕНЕЗИС**

Причины и условия образования кристаллов. Процессы зарождения, роста и разрушения кристаллов в газовой, жидкой и твёрдой фазах. Быстрорастущие и медленнорастущие грани. Правило «естественного отбора» при росте граней. РВС-цепочки, их виды. Понятие о стабильном, равновесном, метастабильном состоянии кристаллов и кристаллообразующей среды. Гомогенные и гетерогенные процессы зарождения кристаллов. Факторы, влияющие на самопроизвольное зарождение кристаллов в природе. Метасоматоз.

##### **ТЕМА 3. КРИСТАЛЛОМОРФОЛОГИЯ**

Кристалл, его грани, ребра и вершины. Морфология. Гониометрия. Связь внешней формы и внутреннего строения кристаллов. Форма кристаллов. Закон постоянства двугранных углов. Простые и комбинационные формы граней, ребер и вершин. Внешние формы и анатомия кристаллов. Скелетные формы кристаллов. Кристаллические двойники.

##### **ТЕМА 4. ОПИСАНИЕ СИММЕТРИИ КРИСТАЛЛОВ**

Элементы симметрии кристаллов: центр, плоскости и оси (поворотные и инверсионные) симметрии. Виды симметрии, сингонии, категории и их классификация. 32 кристаллографические группы. Формула симметрии кристалла, Правила составления формулы симметрии. Символика Шенфлиса, международная символика, символика формулы симметрии. Пространственные группы симметрии. Обозначение пространственных групп симметрии.

##### **ТЕМА 5. СИМВОЛЫ ГРАНЕЙ И РЕБЕР КРИСТАЛЛОВ**

Понятие «символ грани кристалла». Способы определения символов граней кристаллов. Четвертый индекс в символах граней кристаллов гексагональной сингонии.

Параметры граней. Закон Гаюи – закон рациональных параметров. Единичная грань. Символы рёбер кристаллов, их определение.

#### **ТЕМА 6. ПРОСТЫЕ ФОРМЫ КРИСТАЛЛОВ**

Понятие "простая форма кристаллов". Общая и частные простые формы кристаллов различных классов. Полиэдр как совокупность простых форм. Открытые и закрытые простые формы. Простые формы низших, средних и высшей сингоний.

#### **ТЕМА 7. ОПИСАНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ**

Структура кристаллов. Структурные единицы. Координационные числа и координационные многогранники. Число формульных единиц. Геометрические пределы устойчивости ионных структур Структурные мотивы: координационный, островной, цепочечный, слоистый и каркасный. Пространственная кристаллическая решетка и её элементы: узлы, ряды, плоские сетки и элементарные ячейки. Угловые и линейные параметры кристаллических решеток. Типы кристаллических решеток Бравэ. Теория плотнейших упаковок и её использование при описании структур минералов. Гексагональная плотнейшая упаковка. Кубическая плотнейшая упаковка. Плотность упаковки кристаллической структуры.

#### **ТЕМА 8. ТИПЫ ХИМИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В КРИСТАЛЛАХ**

Типы химической связи в кристаллах. Кристаллохимические радиусы. Гомодесмические и гетеродесмические структуры. Связь состава минерала с кристаллической структурой. Энергия кристаллической решётки минерала – как характеристика его устойчивости.

#### **ТЕМА 9. КРИСТАЛЛОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ МИНЕРАЛОВ**

Полиморфизм. Особенности полиморфных переходов. Полиморфные модификации. Политипизм. Изоморфизм. Виды и типы изоморфизма, условия его проявления. Практическое значение изоморфизма. Морфотропия. Закономерности морфотропии и их кристаллохимическая природа. Особенности структуры силикатов. Определение типа и формулы кремнекислородного мотива в структурах силикатов. Модификации  $\text{SiO}_2$ . Классификация силикатов по их кремнекислородным мотивам.

### **4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.**

Для формирования вышеобозначенных компетенций студентам в течение семестра предлагается выполнить презентацию по выбранному минералу, содержащую следующие сведения:

**СЛАЙД 1** Титульный слайд. Выполняется в соответствии с прилагаемым образцом.

**СЛАЙД 2** Общие сведения о минерале: название, химическая формула.

**СЛАЙДЫ 3-4** Основные месторождения кристаллов данного минерала (Россия и другие страны). Распространённость в природных условиях. (Можно привести карту, на которой обозначены месторождения.)

**СЛАЙД 5-6** Как происходит рост кристаллов данного минерала в природных условиях. При каких температурах и давлениях проходит процесс образования кристаллов. Какой тип роста кристалла (из растворов, из расплавов, из газовой фазы, из паров, из гидротермальных растворов, из твёрдой фазы, образуется в результате метасоматоза, перекристаллизации). Проиллюстрировать фотографиями и схемами.

**СЛАЙДЫ 7-8** Особенности внешнего строения кристаллов данного минерала. Какие простые формы характерны для внешних форм данного минерала

(проиллюстрировать рисунками, реальные формы кристалла, идеальные). К какой сингонии относится, к какой категории симметрии. Какая формула симметрии.

**СЛАЙД 9-10** Особенности внутреннего строения кристаллов данного минерала. Какая решётка Бравэ по типу центровки, по сингонии (проиллюстрировать рисунками). Характеристики элементарной ячейки (параметры элементарной ячейки привести). К какой сингонии относится элементарная ячейка. Параметры кристаллической решётки. Другие сведения об особенностях внутреннего строения – полиморфизм, политипия, изоморфизм, наличие примесей, которые обуславливают ценные свойства данного минерала. Указать: возможно ли описание структуры минерала с позиций принципа плотнейшей упаковки.

**СЛАЙД 11** Тип химической связи (связей) в данном минерале. Указать: связь гомодесмическая или гетеродесмическая.

### 4.3. Содержание учебного материала

Для студентов очного отделения:

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лекции	Лаб. занятия	СРС	Всего
1.	Введение. Основные свойства кристаллов	2	2	3	7
2.	Кристаллогенезис	4	-	6	10
3.	Кристалломорфология	4	2	6	12
4.	Описание симметрии кристаллов	6	4	8	18
5.	Символы граней и рёбер кристаллов	2	2	3	7
6.	Простые формы кристаллов	2	2	4	8
7.	Описание внутреннего строения кристаллов	6	2	6	14
8.	Типы химических связей в кристаллах	2	2	6	10
9.	Кристаллохимические особенности структуры минералов	8	2	10	20

#### 4.3.1 Перечень лабораторных занятий



№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства*
1	2	3	4	5
1.	1	Основные свойства кристаллического вещества «Кристаллографический симпозиум»	4	3,4
2.	3	Определение симметрии кристаллов	6	1,4
3.	4	Определение морфологических характеристик внешних форм кристаллов. Простые формы кристаллов	6	4
4.	1,2,3,4	Промежуточная аттестация студентов: контрольная работа	2	5
5.	5	Приёмы определения символов граней кристаллов	2	1,4
6.	6	Изучение простых форм кристаллов	4	1,4
7.	7	Плотнейшие упаковки. Число формульных единиц. Координационное число, координационный полиэдр	6	4
8.	8	Пространственные кристаллические решетки и структуры. Определение типа решётки Браве	4	2,4
9.	9	Изоморфизм. Определение энергии кристаллической решётки кристаллов.	4	1,4

\* 1-проверка задания; 2- заслушивание и обсуждение доклада, презентации; 3 – устный опрос в виде коллоквиума; 4 – письменный опрос по вопросам для самостоятельной работы студентов; 5 - контрольная работа.

#### **4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа - планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская работа студентов, выполняемая во внеаудиторное (аудиторное) время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, или при частичном непосредственном участии преподавателя, определяющего содержание и правильность выполнения самостоятельной работы студентов.

Задачами самостоятельной работы студентов (СРС) являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;

- углубление и расширение теоретических знаний;

- формирование умений использовать справочную и специальную литературу;

- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;

- развитие исследовательских умений;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании реферата и подготовке презентации, для успешной сдачи зачета по дисциплине.

Самостоятельная работа студента включает текущую и творческую проблемно-ориентированную самостоятельную работу (ТСР).

Текущая СРС направлена на углубление и закрепление знаний студента, развитие практических умений и включает:

- работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по разделам дисциплины;

- выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ;

- опережающую самостоятельную работу;

- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;

- подготовку к письменному опросу;

- подготовку к контрольной работе, к зачету.

Выполняя самостоятельную работу под контролем преподавателя, студент должен:

освоить минимум содержания, выносимый на самостоятельную работу студентов и предложенный преподавателем в соответствии с требованиями

Государственного профессионального образовательного стандарта высшего образования по данной дисциплине;

планировать самостоятельную работу в соответствии с графиком самостоятельной работы, предложенным преподавателем;

самостоятельную работу студент должен осуществлять в организационных формах, предусмотренных учебным планом и рабочей программой преподавателя;

выполнять самостоятельную работу и отчитываться по ее результатам в соответствии с графиком представления результатов, видами и сроками отчетности по самостоятельной работе студентов.

Вид учебных занятий при освоении дисциплины	Рекомендации по организации деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины.
СРС при изучении теоретического материала дисциплины	Изучение конспекта лекций, их дополнение. Проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в «Кристаллографический словарь». Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
СРС при изучении литературных источников по дисциплине	При работе с литературой, необходимо научиться правильно ее читать, вести записи. Для подбора литературы в библиотеке используются алфавитный и систематический каталоги. Учебники по дисциплине рекомендует преподавателем, читающим лекции по дисциплине. Изучая материал по учебнику, следует переходить к следующему вопросу только после правильного уяснения предыдущего. Особое внимание следует обратить на определение основных понятий изучаемой дисциплины. Следует подробно разбирать примеры, которые поясняют такие определения, и уметь строить аналогичные примеры самостоятельно. Нужно добиваться точного представления о том, что изучаешь. Полезно составлять опорные конспекты. При изучении материала по учебнику полезно в тетради (на специально отведенных полях) дополнять конспект лекций. Там же следует отмечать вопросы, выделенные студентом для консультации с преподавателем. Выводы, полученные в результате изучения, рекомендуется в конспекте выделять, чтобы они при перечитывании записей лучше запоминались.
СРС по подготовке реферата	Цель написания реферата – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям. Для подготовки реферата студенту предоставляется список тем, список обязательной и

дополнительной литературы, требования к оформлению. Подготовка реферата направлена на развитие и закрепление у студентов навыков самостоятельного глубокого, творческого и всестороннего анализа научной, методической и другой литературы по актуальным проблемам дисциплины; на выработку навыков и умений грамотно и убедительно излагать материал, четко формулировать теоретические обобщения, выводы и практические рекомендации. Рефераты должны отвечать квалификационным требованиям в отношении научности содержания и оформления. Объем реферата может достигать 7-10 стр.; время, отводимое на его подготовку – от 2 недель до месяца. Подготовка реферата подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение.
---

### **Основные требования к презентации по дисциплине.**

Требования к оформлению презентации:

1. все слайды должны быть выдержаны в едином стиле;
2. презентация должна быть не меньше 10 слайдов, но не более установленного преподавателем количества;
3. первый слайд презентации – это титульный слайд, оформляется по образцу (см. прил. 1);
4. разборчивый читабельный шрифт: для текста 18–24 кегль шрифта, для заголовка 28-36 кегль шрифта;
5. использование шрифтов без засечек и не более 2-х вариантов шрифта;
6. текст должен быть отчетливо виден на фоне слайда презентации, неяркий, умеренный по интенсивности окраски фон для презентации и контрастный текст, тёмный шрифт текста на светлом фоне;
7. выравнивание текста на слайде: заголовки по центру, основной текст по ширине;
8. длина строки не более 36 знаков;
9. размещение информации - до 40 слов на 1 слайде (исключение - статистика, таблицы и другие данные);
10. подписи к рисункам - под рисунком;
11. название таблицы – над таблицей;
12. при необходимости используются надстрочные и подстрочные символы (в формулах, уравнениях, индексах и т. п.);

13. соблюдение принятых правил орфографии, пунктуации, сокращений и правил оформления текста (отсутствие точки в заголовках и т. д.).

Требования к содержанию презентации:

1. соответствие содержания презентации поставленным целям и задачам;
2. отсутствие фактических ошибок, достоверность представленной информации;
3. тезисная подача информации, приводятся только основные положения;

### **Рекомендации по подготовке презентации.**

Главная задача — сделать акцент на значимых моментах рассматриваемой в презентации темы. Поэтому убираем из презентации второстепенные сведения и всё то, что может отвлекать.

При оформлении презентации придерживаемся минимализма. Обилие инфографики, резкие переходы от одного слайда к другому, разные по стилю изображения мешают общему восприятию и не позволяют создать целостное впечатление.

При использовании цветов нужно учитывать особенностей восприятия цветов человеком:

-стимулирующие (теплые) цвета способствуют возбуждению и действуют как раздражители (в порядке убывания интенсивности воздействия): красный, оранжевый, желтый;

-дезинтегрирующие (холодные) цвета успокаивают, вызывают сонное состояние (в том же порядке): фиолетовый, синий, голубой, сине-зеленый; зеленый;

-нейтральные цвета: светло-розовый, серо-голубой, желто-зеленый, коричневый;

-сочетание двух цветов - цвета знака и цвета фона — существенно влияет на зрительный комфорт, некоторые пары цветов не только утомляют зрение, но могут привести к стрессу (например, зеленые буквы на красном фоне);

-наиболее хорошо воспринимаемые сочетания цветов шрифта и фона: темно-синий на белом, черный на белом, синий на светло-желтом.

В презентациях желательно свести текстовую информацию к минимуму, заменив ее схемами, диаграммами, рисунками, фотографиями, картами.

Рекомендуется оставить текст только в виде имен, названий, числовых значений, коротких цитат. Следует избегать обилия цифр.

Следует избегать употребления сложных предложений, длинных терминов. Одной мысли посвящается один слайд. Графика на слайдах используется только в тех случаях, если она несет смысловую нагрузку.

Заголовки должны привлекать внимание аудитории и содержать обобщающие, ключевые положения слайда.

В текстовых блоках необходимо использовать короткие слова и предложения. Рекомендуется минимизировать количество предлогов, наречий, прилагательных.

Во всей презентации разные уровни заголовков, гиперссылки, управляющие кнопки, списки должны выглядеть одинаково.

Все информационные элементы (текст, изображения, диаграммы, элементы схем, таблицы) должны ясно и рельефно выделяться на фоне слайда.

Ключевые слова в информационном блоке можно выделить (цветом, подчеркиванием, полужирным и курсивным начертанием, размером шрифта). При выделении следует соблюдать меру — выделенные элементы не должны превышать 1/3-1/2 общего объема текста слайда.

Не рекомендуется:

использовать переносы слов;

использовать наклонное и вертикальное расположение подписей и текстовых блоков.

Не следует злоупотреблять прописными буквами (они читаются хуже строчных), поэтому их допустимо использовать только для смыслового выделения небольших фрагментов текста.

Маркированные и нумерованные списки используются при наличии перечислений. Возле каждого абзаца ставить маркер не стоит. Нужно обращать внимание, чтобы не было задваивания маркированных и нумерованных списков.

Каждое изображение должно нести смысл: желательно избегать в презентации рисунков, не несущих смысловой нагрузки, если они не являются частью стилевого оформления.

Необходимо использовать изображения только хорошего качества. Восприятие изображения должно быть четким.

Следует избегать разной анимации перехода слайдов и разной анимации объектов.

Не стоит пытаться уместить весь материал на одном слайде. Лучше поделить его на несколько изображений.

Чтобы облегчить работу, стоит заранее набросать план презентации, можно расписать какой материал должен содержать каждый слайд. Это поможет упорядочить слайды, грамотно распределить и оформить информацию. После этого можно приступать к реализации намеченного в программе Power Point.

Объем презентации не должен быть менее 8-10 слайдов и не более 20 слайдов. Зрительный ряд из большого числа слайдов вызывает утомление, отвлекает от сути рассматриваемой темы. Исключения составляют презентации, предназначенные для длительной демонстрации ознакомительного характера с большим количеством визуального материала. В этом случае объем презентации – из расчета не менее чем 1 мин. на один слайд, а на слайды, содержащие ключевые моменты и основополагающие понятия - по 2 мин.

Первым слайдом в презентации является титульный слайд, выполняется по установленному образцу.

Если презентация предназначена для доклада по результатам научно-исследовательской работы, то информацию на слайдах можно расположить в

следующем порядке: актуальность работы, объект и предмет исследования, поставленная проблема, цель и задачи исследования, использованные методики, полученные результаты, выводы. Каждый структурный элемент презентации к докладу обозначается заголовком на слайде.

Заключительные слайд/слайды презентации содержат выводы. На данном слайде/слайдах необходимо подвести итоги по представленным в презентации материалам. Можно сделать обобщение из всего вышесказанного, либо озвучить личное мнение о теме, решении поставленных проблем.

Последний слайд содержит информацию об использованных источниках при подготовке презентации. Информации представляется в соответствии с действующим ГОСТом о библиографическом описании источников информации.

Ваша речь и текст на слайдах не должны совпадать, ведь последний служит основой для пояснений автора. Презентация должна дополнять, иллюстрировать то, о чем идет речь, не должна полностью дублировать материал.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) перечень литературы:**

1. Кристаллография и кристаллохимия [Электронный ресурс] : учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Геология" / Ю. К. Егоров-Тисменко. - 2-е изд. - ЭВК. - М. : Университет, 2010. - 589 с. - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ.
2. Решение кристаллографических задач с помощью стереографических проекций [Текст] : учеб. пособие / В. А. Буланов ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2006. - 176 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с.149 . (40 экз.)

### **б) периодические издания, дополнительные источники**

1. Структура, изоморфизм, формулы, классификация минералов [Текст] / А. Г. Булах ; Санкт-Петербург. гос. ун-т. - СПб. : Изд-во СПбГУ, 2014. - 132 с. ; 29 см. - (Минералогия). - Библиогр.: с. 128-130. (1 экз.)
2. Рост кристаллов в расплаве. Кристаллографический анализ и эксперимент / М. Д. Любалин. - СПб. : Наука, 2008. - 390 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 378-390. (1 экз.)



3. Кристаллографическая геометрия [Текст] / Р. В. Галиулин ; Отв. ред. Д. К. Фаддеев. - 2-е изд., стер. - М. : КомКнига, 2005. - 136 с. : ил. ; 22 см. - Библиогр.: с. 131-135. (1 экз.)
4. Кристаллография, минералогия и геология камнесамоцветного сырья / В. А. Ермолов, В. А. Дунаев, В. В. Мосейкин ; ред. В. А. Ермолаев ; Московский гос. горный ун-т. - 2009. - 407 с. (1 экз.)
5. Кристаллография и кристаллохимия [Текст] : учебник / Ю. К. Егоров-Тисменко ; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, Геолог. фак. - 2-е изд. - М. : Университет, 2010. - 587 с. : ил. ; 20 см. - Предм. указ.: с. 559-582. - Библиогр.: с. 583-585. (1 экз.)
6. Основы кристаллографии [Текст] : учебник / Е. В. Чупрунов, А. Ф. Хохлов, М. А. Фаддеев. - М. : Физматлит, 2006. - 500 с. : ил. ; 21 см. - Библиогр.: с. 499-500. (1 экз.)

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. American mineralogist crystal structure database (Американская минералогическая база данных кристаллических структур). - <http://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc/Entry.html>
2. Научная библиотека Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина – [www.gybkin.ru](http://www.gybkin.ru)
3. Информационный ресурс «Минералы. Горные породы. Шлифы. - <http://petrographica.ru/minerals-list.html>
4. Научная библиотека МГУ – [www.lib.msm.su](http://www.lib.msm.su)
5. Электронная библиотека Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МГУЭСИИ) – [www.ibt.mesi.ru](http://www.ibt.mesi.ru)
6. Библиотека Санкт-Петербургского университета – [www.unilib.neva.ru](http://www.unilib.neva.ru)
7. Научно-техническая библиотека СибГТУ – [www.lib.sibstru.kts.ru](http://www.lib.sibstru.kts.ru)
8. Российская Государственная библиотека – [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
9. Государственная публичная научно-техническая библиотека – [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
10. Библиотека естественных наук РАН – [www.ben.irex.ru](http://www.ben.irex.ru)
11. Всероссийская государственная библиотека иностранной литературы – [www.libfl.ru](http://www.libfl.ru)
12. Библиотека Академии наук – [www.spb.org.ru/ban](http://www.spb.org.ru/ban)
13. Национальная электронная библиотека – [www.nel.ru](http://www.nel.ru)
14. Библиотека ВНИИОЭНГ - [www.vniioeng.mcn.ru](http://www.vniioeng.mcn.ru)
15. Всероссийский институт научной информации по техническим наукам (ВИНИТИ) – [www.fuji.viniti.msk.su](http://www.fuji.viniti.msk.su)
16. Российская национальная библиотека, г. Санкт-Петербург – [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
17. Smorf: crystal models (Визуализация и 3-D моделирование кристаллических многогранников и база данных 3-D комбинаций простых форм распространенных минералов) - <http://smorf.nl>

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Подобранные по разделам тестовые задания. Систематические кристалломорфологические коллекции и раздаточные коллекции моделей идеальных кристаллов. Образцы моно- и поликристаллов, выросших в природных условиях (учебный геологический музей факультета).

## **7. Образовательные технологии:**

Занятия в интерактивной форме составляют 38 часов. Программа дисциплины «Кристаллография» предусматривает лекционное изложение основных теоретических положений, лабораторные аудиторные занятия по подгруппам, а также самостоятельные занятия студентов с моделями кристаллов и пространственных кристаллических решеток с привлечением коллекционного материала из экспозиций учебного геологического музея факультета и подготовку презентации к докладу по выбранному студентом минералу.

## **8. Оценочные средства для текущего контроля и промежуточной аттестации:**

### **Оценочные средства для входящего контроля**

1. Какие агрегатные состояния вещества Вы знаете?
2. Поясните понятия «ближний порядок», «дальний порядок» в организации вещества?
3. Какой порядок взаимного расположения частиц существует в газах?
4. Какой порядок взаимного расположения частиц существует в жидкостях?
5. Какой порядок взаимного расположения частиц существует в твердом аморфном веществе?
6. Что общего в организации вещества между жидкостями и аморфными телами?
7. В чем заключается максимальная упорядоченность взаимного расположения частиц в кристаллах?
8. Что понимается под термином «кристаллическая решетка»?
9. Назовите элементы строения кристаллической решетки?.
10. Что такое «ретикулярная плотность» плоской сетки кристаллической решетки?
11. Перечислите особые свойства кристаллов, отличающие их от аморфных тел?
12. Поясните тезис: «Кристаллы однородны, но анизотропны» ?
13. Что такое «анизотропия» и в чем она проявляется в кристаллах?
14. Что следует понимать под «однородностью внутреннего строения» в кристаллах?
15. Как связана огранка кристаллов с анизотропией их свойств?

### **Оценочные средства текущего контроля**

1. Скалярные и векторные свойства кристаллов.
2. Экспериментальные свидетельства существования кристаллической решетки
3. Кристаллогенезис – возникновение, рост и разрушение кристаллов.
4. Метасоматоз.
5. Современные методы выращивания кристаллов.

6. Симметрия физических свойств кристалла.
7. Реальные и идеальные кристаллы.
8. Зависимость свойств кристалла от типа химической связи.
9. Кристаллография драгоценных камней.
10. Стереографическая проекция кристаллов.
11. Гномостереографическая проекция и сетка Вульфа.
12. Принцип плотнейшей упаковки для кристаллов.
13. Простые формы кристаллов.
14. Виды симметрии триклинной и моноклинной сингоний. Примеры минералов.
15. Виды симметрии ромбической сингонии. Примеры минералов.
16. Кристаллографические проекции.
17. Виды симметрии тригональной сингонии. Примеры минералов.
18. Виды симметрии тетрагональной сингонии. Примеры минералов.
19. Виды симметрии гексагональной сингонии. Примеры минералов.
20. Виды симметрии кубической сингонии. Примеры минералов.
21. Индексы грани. Символ грани.
22. Природная огранка кристаллов.
23. Решётки Бравэ.
24. Морфотропия.
25. Особенности строения силикатов.
26. Классификация силикатов.
27. Полиморфизм.
28. Политипизм.
29. Изоморфизм.
30. Радиусы химических элементов в кристаллах с различными типами связи: ионной, ковалентной, металлической.
31. Пространственные группы симметрии кристаллов.
32. Современные подходы к описанию внутренней структуры кристаллов.

**Задания для самоподготовки студентов:**

1. Понятие о кристалле и кристаллических веществах.
2. Основные свойства кристаллов.
3. Рост кристаллов из газовой, жидкой и твёрдой фазы.
4. Симметрия кристаллов, виды симметрии, сингонии, категории.
5. Пространственная кристаллическая решетка, ее элементы и параметры.
6. Понятие о простых и комбинационных формах, принципы их названия.
7. Установка кристаллов. Правила выбора осей и единичной грани. Индексы и символы граней и простых форм.
8. Закон рациональности отношений параметров закон Гаюи
9. Правила установки кубических и тетрагональных кристаллов.
10. Правила установки тригональных и гексагональных кристаллов.
11. Правила установки кристаллов низшей категории.
12. Закон постоянства углов.
13. Типы плотнейших шаровых упаковок.
14. Пространственная кристаллическая решетка, ее элементы и параметры.
15. Основные типы кристаллических решеток и типы решеток Браве.
16. Изоморфизм, типы изоморфизма по степени совершенства и характеру замещения.
17. Полиморфизм и политипизм.

**Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета)**

1. Что изучает кристаллография? Как связаны между собой состав, структура и свойства кристалла? Перечислите элементы огранения кристаллов. Перечислите параметры кристаллической решётки.

2. Дайте определение кристаллической структуре. Как отличить монокристалл от поликристалла? В чём заключается отличие кристаллических веществ от аморфных?
3. Какие кристаллографические законы описывают закономерности внешнего строения кристаллов? Какова связь между внешним и внутренним строением кристалла? Что изучает морфология? Зачем геологу изучать внешние формы кристаллов?
4. Назовите основные свойства кристаллического вещества. Приведите примеры, поясняющие основные свойства кристаллов.
5. Методы изучения внешнего и внутреннего строения кристаллов.
6. Перечислите виды образования кристаллов в природе? Как в природных условиях образуются кристаллы из газовой фазы? Как в природных условиях образуются кристаллы из расплавов? Как в природных условиях происходит кристаллизация из растворов? Что такое метасоматоз? Как образуются кристаллы из гидротермальных растворов? Что представляет собой процесс перекристаллизации?
7. Почему кристаллы вырастают в виде многогранников? Какие стадии включает этот процесс?
8. Практическое применение закона постоянства углов и закона рациональных параметров для исследования кристаллов (минералов)?
9. В чём заключается «естественный отбор» происходящий в процессе роста граней кристалла? Каков механизм роста кристаллов.
10. Перечислите элементы симметрии кристаллов. Для чего их определяют? Что такое сингония? Перечислите названия сингоний. Кристаллы, относящиеся к какой сингонии наиболее симметричны?
11. Что такое формула симметрии кристалла? По каким правилам её составляют? Сколько существует кристаллографических видов симметрии кристаллов? Как определяют, к какому классу симметрии относится кристалл?
12. По каким признакам кристалл относят к низшей, средней или высшей категории? По каким признакам кристалл относят к той или иной сингонии?
13. Сколько всего существует типов элементарных ячеек? Кто первым из исследователей их описал? Дайте определение элементарной ячейки кристаллической структуры. Какие существуют типы центровки элементарных ячеек? Каким правилам следуют, определяя элементарную ячейку в бесконечной кристаллической решётке?
14. Что такое энергия кристаллической решётки? Перечислите типы химических связей в кристаллах. Как они образуются? Что такое гомодесмические и гетеродесмические структуры кристаллов? Как зависят свойства кристалла от типа химической связи? Минералы, с каким типом химической связи наиболее прочные? Минералы, с каким типом химической связи наименее прочные? Приведите примеры.
15. Что такое простая форма? Для чего в кристаллографии используют представления о простых формах? Каких 2 вида простых форм бывает?

Сколько всего имеется различных простых форм кристаллов? Что представляет собой комбинация простых форм? Приведите примеры простых форм низших сингоний. Приведите примеры простых форм средних сингоний. Приведите примеры простых форм кубической сингонии.

Дополнительные вопросы:

Что представляет из себя ромбододекаэдр?

Как выглядит моноэдр?

Как выглядит пинакоид?

Как выглядит диэдр осевой?

Сколько простых форм существует в низших сингониях?

Сколько простых форм существует в средних сингониях?

Сколько простых форм существует в кубической сингонии? Какая особенность простых форм в кубической сингонии?

Приведите примеры открытых простых форм.

Приведите примеры закрытых простых форм.

Что представляют собой грани гексагональной пирамиды?

16. В чём выражается принцип плотнейшей упаковки атомов или ионов? Каков процент заполнения объёма при плотнейшей упаковке атомов или ионов? Какие 2 вида пустот бывают в плотнейшей упаковке? Каких пустот больше? Какие допущения делаются, когда кристаллическая структура рассматривается с точки зрения плотнейшей упаковки? В чём разница между плотными упаковками гексагональной и кубической? Дайте определение понятию «плотность упаковки». Какова роль пустот в кристаллической структуре, построенной по принципу плотнейшей упаковки? Как описать кристаллическую структуру пользуясь понятием о плотнейшей упаковке?
17. Что такое изоморфизм? Какие условия должны соблюдаться, чтобы было возможным изоморфное замещение одного атома другим в кристаллической решётке минерала? Какие виды изоморфизма бывают? Как отражается явление изоморфизма в химической формуле минерала? Какова роль изоморфизма при образовании минералов?
18. Что такое полиморфизм? Что такое полиморфные модификации? Приведите примеры. Какие переходы из одной полиморфной модификации в другую бывают? Приведите примеры. В чём сходство и в чём заключается отличие полиморфизма и политипизма? Что представляют собой геотермометры и геобарометры?
19. С помощью какого метода получают информацию о внутреннем строении кристаллов в настоящее время? Каков физический принцип данного метода? Какие характеристики кристаллической структуры можно получить с помощью этого метода?

**Разработчики:**



доцент кафедры полезных ископаемых А.Ф. Летникова

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.03.01 «Геология» и профилям «Геология», «Геология, разработка месторождений нефти и газа».

Программа рассмотрена на заседании кафедры полезных ископаемых

«\_17\_»\_марта\_2023\_г.

Протокол №\_6\_ Зав. Кафедрой  С.А. Сасим

*Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.*