



**Негосударственное частное образовательное учреждение
высшего образования
«Технический университет УГМК»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
ОСНОВЫ КРИСТАЛЛОГРАФИИ И МИНЕРАЛОГИИ**

Направление подготовки

22.03.02 Metallurgy

Профиль подготовки

Metallurgy of non-ferrous metals

Уровень высшего образования

Applied Bachelor

Рассмотрено на заседании кафедры Metallurgy

Одобрено Методическим советом университета 30 июня 2021 г., протокол № 4

г. Верхняя Пышма
2021

Задания и методические указания к выполнению лабораторных работ составлены в соответствии с рабочей программой дисциплины «Основы кристаллографии и минералогии».

Код направления и уровня подготовки	Название направления	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
22.03.03	Металлургия	04.12.2015	1427

Автор – разработчик	Горбатова Елена Александровна, д-р геол.-минерал. наук, доцент	
Эксперт	Скопов Геннадий Вениаминович, главный специалист Управления стратегического планирования ООО «УГМК-Холдинг», д-р техн. наук, ст.науч.сотр.	
Заведующий кафедрой «Металлургия» /Дата утверждения/	Мастюгин Сергей Аркадьевич, д-р техн. наук, доцент	
Продолжительность дисциплины:	72 часа (2 ЗЕ)	
Место проведения	Учебные аудитории Технического университета УГМК	
Цель дисциплины:	<p>После завершения дисциплины, обучающиеся будут способны:</p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно приобретать знания, используя современные информационные и образовательные технологии; - использовать основные законы кристаллографии и минералогии в профессиональной деятельности, применять методы исследования минералов; - оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы; - сочетать теорию кристаллографии и минералогии, а также практику диагностики кристаллов и минералов для принятия технологических решений. 	

Лабораторные работы по дисциплине предусмотрены в объеме 36 часов (очной формы обучения) и в объеме 4 часа (заочной формы обучения). Они имеют целью под руководством преподавателя на практике закрепить обучающимся, полученных на лекциях теоретических знаний.

Лабораторные работы для очной формы обучения

Код темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
2	1	Элементы симметрии кристаллов.	4
2	2	Простые формы кристаллов низшей категории.	4
2	3	Простые формы кристаллов средней категории.	4
2	4	Простые формы кристаллов высшей категории.	4
5	6	Минералы классов «Самородные элементы» и «Сульфиды».	4
5	7	Минералы классов «Оксиды и гидроксиды» и «Галогениды».	4
5	8	Минералы классов «Карбонаты» и «Сульфаты»	6
5	9	Минералы класса «Силикаты».	6

Всего: 36

Лабораторные работы для заочной формы обучения

Код темы	Номер работы	Наименование работы	Время на выполнение работы (час.)
P2	2	Простые формы кристаллов низшей категории.	1
P 2	4	Простые формы кристаллов высшей категории.	1
P5	5	Минералы классов «Самородные элементы» и «Сульфиды».	1
P5	6	Минералы классов «Оксиды и гидроксиды» и «Галогениды».	1

Всего: 4

Лабораторная работа №1

Тема: Элементы симметрия кристаллов.

Цель работы: научиться определять симметрию кристаллов.

Исходный материал: наборы моделей кристаллов.

Решаемые задачи: определение элементов симметрии (центр инверсии, плоскости и оси симметрии), составление формулы симметрии, установление вида, сингонии и категории симметрии кристалла.

Объем работы: 5 модели всех категорий симметрии.

Лабораторное обеспечение: наборы моделей кристаллов низшей, средней и высшей категории симметрии, демонстрационные модели кристаллов, таблицы 32-х видов симметрии кристаллов.

Теоретическая основа:

Симметрия кристаллических многогранников – это правильная закономерная повторяемость одинаковых частей фигуры (граней, ребер, углов и вершин).

Для определения симметрии фигур пользуются воображаемыми вспомогательными геометрическими образами (это могут быть точка, прямые, плоскости), относительно которых правильно повторяются одинаковые части фигуры.

Основными элементами симметрии являются: центр симметрии (инверсии), плоскость симметрии и ось симметрии.

Центр симметрии (инверсии) C – это точка внутри кристалла, любая прямая линия, проходя через него, объединяет противоположные параллельные и равные грани, ребра и делится центром пополам.

Плоскость симметрии (P) – это плоскость, которая проходит через центр тяжести или центр симметрии (если он есть) и делит фигуру на две равные части, зеркально отображающиеся друг в друге.

В кристаллах могут быть одна, две, три, четыре, пять, шесть, семь и девять плоскостей симметрии. Плоскости симметрии проходят: через середины граней (ребер), через противоположные вершины или вдоль ребер.

Осью симметрии (L) – называется прямая, проходящая через центр тяжести или центр симметрии (если он есть), при повороте вокруг которой на некоторый один и тот же угол совмещаются равные части фигуры.

Количество одинаковых совмещений определяет порядок оси. Оси симметрии могут быть первого, второго, третьего, четвертого и шестого порядка. Оси симметрии третьего, четвертого и шестого порядков называются осями симметрии высшего порядка.

Оси в кристалле могут проходить через противоположные вершины, через середины противоположных граней, через середины противоположных ребер, через середину ребра и грани.

Инверсионная ось - прямая, проходящая через центр тяжести и центр симметрии (если он есть), при повороте вокруг которой на некоторый угол с последующим (или предварительным) отражением в центральной точке многогранника, как в центре инверсии, многогранник совмещается сам с собой.

Существуют инверсионные оси четвертого и шестого порядков. Инверсионная ось L_{i4} в тоже время является и двойной осью симметрии $L_{i4} \rightarrow = L_2$. Шестерная инверсионная ось L_{i6} всегда равна тройной оси и плоскости симметрии, перпендикулярной ей: $L_{i6} = L_3P$.

Видом симметрии кристаллического многогранника называется полная совокупность его элементов симметрии.

Сингонией называется группа видов симметрии, обладающих одним или несколькими сходными элементами симметрии при одинаковом числе единичных направлений. В кристаллографии различают всего семь сингоний: триклинную, моноклинную, ромбическую, тригональную, тетрагональную, гексагональную и кубическую.

Сингонии в свою очередь группируются в три категории: низшую, среднюю и высшую.

Порядок выполнения работы:

- знакомство с практическими навыками определения элементов симметрии кристаллов;
- получение моделей кристаллов, относящихся ко всем категориям симметрии;
- определение установленных элементов симметрии, формулы симметрии, сингонии и категории симметрии;
- оформление полученных результатов в таблице 1.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией расположения найденных элементов симметрии.

Таблица 1 – Симметрия кристаллов

№ образца	Элементы симметрии				Вид симметрии	Формула симметрии	Сингония	Категория
	Центр симметрии	Плоскость симметрии	Ось симметрии	Инверсионная ось				

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №2

Тема: Простые формы кристаллов низшей категории.

Цель работы: научиться определять простые формы кристаллов низшей категории, находящиеся в комбинациях.

Исходный материал: наборы моделей кристаллов низшей категории, таблица – «32 вида симметрии кристаллов».

Решаемая задача: определение симметрии кристалла, определение количества и типов простых форм (моноэдр, пинакоид, диэдр, ромбическая призма, ромбический тетраэдр, ромбическая пирамида и ромбическая бипирамида).

Объем работы: 4-8 моделей низшей категории симметрии.

Лабораторное обеспечение: наборы моделей кристаллов низшей категории симметрии, наборы наиболее распространенных простых форм кристаллов, демонстрационные модели кристаллов, таблицы 32-х видов симметрии кристаллов.

Теоретическая основа:

В природе существует 56 простых форм и множество их комбинаций.

Простая форма – совокупность граней одинаковой формы, связанные друг с другом элементами симметрии, или все грани которой могут быть выведены из одной при помощи элементов симметрии.

Комбинация – совокупность двух или нескольких простых форм. В комбинации грани различных простых форм не связаны друг с другом элементами симметрии. Такую форму невозможно вывести из одной грани. Природные кристаллы часто представляют собой комбинации простых форм.

Рассматривая формы кристаллических многоугольников, следует иметь представление об их открытых и закрытых формах.

Открытая простая форма – грани простой формы не полностью замыкают все пространство со всех сторон.

Закрытая простая форма - грани простой формы полностью замыкают все пространство со всех сторон.

Названия простых форм образуются от греческих слов: *моно* – один (одно), *ди* – два (двух, дважды), *три* – три (трех, трижды), *тетра* – четыре (четырёх, четырежды), *пента* – пять (пятью), *гекса* – шесть (шестью), *окта* – восемь (восьми, восьмью), *дека* – десять, *додека* – двенадцать, *эдр* – грань, *гон* – угол, *пина* – доска, *скалено* – косой.

В низшей категории встречаются всего семь типов простых форм.

В триклинной сингонии встречаются два типа простых форм – моноэдры и пинакоиды (рисунок 1). Моноэдры и пинакоиды образуют комбинации.

Моноэдр - представляет собой простую форму в виде одногранника, не имеющего элементов симметрии. Форма открытая, примитивного вида симметрии (L).

Пинакоид – простая форма, состоящая из двух параллельных граней, связанных центром симметрии С. Форма открытая, принадлежащая центральному виду симметрии.

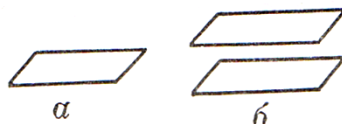


Рисунок 1 - Простые формы триклинной сингонии: а – моноэдр; б – пинакоид

В моноклинной сингонии встречаются четыре типа простых форм: моноэдры, пинакоиды, диэдры и ромбические призмы (рисунок 2).

Диэдром называется простая открытая форма, образованная двумя пересекающимися гранями. Различают диэдры осевые, в которых обе грани связаны друг с другом двойной осью симметрии и диэдры безосные, в которых обе грани связаны плоскостью симметрии.

Ромбическая призма соответствует простой открытой форме, образованной четырьмя попарно параллельными гранями в форме ромбов.

Моноэдры, пинакоиды, диэдры и ромбические призмы встречаются только в комбинациях.

В ромбической сингонии встречаются все семь типов простых форм: моноэдры, пинакоиды, диэдры, ромбические призмы, ромбические тетраэдры, ромбические пирамиды и ромбические дипирамиды (рисунок 3).

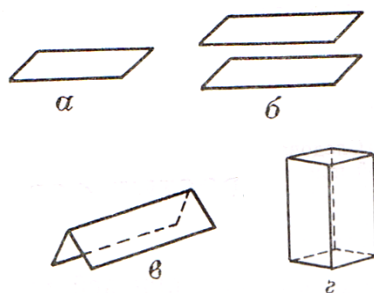


Рисунок 2 - Простые формы моноклинной сингонии: а – моноэдр, б – пинакоид, в – диэдр, г – ромбическая призма

Ромбическим тетраэдром называется простая закрытая форма, состоящая из четырёх непараллельных граней. Форма граней - неправильный треугольник.

Ромбический тетраэдр может встречаться в виде отдельной простой формы. Тетраэдры могут быть правыми и левыми.

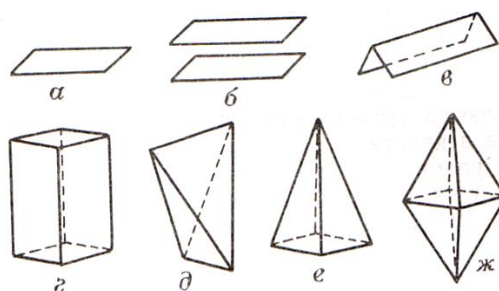


Рисунок 3 - Простые формы ромбической сингонии: а - моноэдр, б - пинакоид, в - диэдр, г - ромбическая призма, д - ромбический тетраэдр, е - ромбическая пирамида, ж - ромбическая дипирамида

Ромбическая пирамида представляет собой простую открытую форму, состоящую из четырех граней, пересекающихся в одной точке – вершине. В основании пирамиды лежит ромб. Ромбическая пирамида встречается только в комбинациях.

Ромбическая дипирамида соответствует простой закрытой форме, образованной в результате сложения основаниями двух ромбических пирамид.

Таким образом, в сингониях низшей категории только две простые формы – *ромбические пирамиды и ромбические тетраэдры* являются закрытыми и встречаются самостоятельно. Остальные являются открытыми формами и встречаются только в комбинациях.

Порядок выполнения работы:

- знакомство с практическими навыками определения простых форм кристаллов низшей категории;
- получение модели кристаллов, относящимся к низшей категории симметрии;
- поочередно для каждой модели:
 - определение формулы симметрии, сингонии и категории симметрии кристалла;
 - определение количества простых форм кристалла, число граней для каждой из простых форм, тип простой формы.
- оформление результатов в таблице 2.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией расположения найденных элементов симметрии и характеристикой простых форм.

Таблица 2 – Простые формы кристаллов низшей категории

№ образца	Элементы симметрии			Вид симметрии	Формула симметрии	Сингония	Категория	Простые формы
	Центр симметрии	Плоскость симметрии	Ось симметрии					

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №3

Тема: Простые формы кристаллов средней категории.

Цель работы: научиться определять простые формы кристаллов средней категории, находящиеся в комбинациях.

Исходный материал: наборы моделей кристаллов средней категории, таблица – «32 вида симметрии кристаллов».

Решаемая задача: определение симметрии кристалла, определение количества и типов простых форм (пинакоид, моноэдр, призмы, пирамиды, бипирамиды, трапецоэдры, ромбоэдры, тетраэдры, и скаленоэдры.).

Объем работы: 4-8 моделей средней категории симметрии.

Лабораторное обеспечение: наборы моделей кристаллов средней категории симметрии, наборы наиболее распространенных простых форм кристаллов, демонстрационные модели кристаллов, таблицы 32-х видов симметрии кристаллов.

Теоретическая основа:

В средней категории встречаются 27 простых форм, включая пинакоиды и моноэдры. К простым формам этой категории относятся серии призм, пирамид, дипирамид, обладающие более высокой симметрией, а также трапецоэдры, ромбоэдры, тетраэдры, и скаленоэдры.

Все кристаллические многогранники средней категории характеризуются *одним единичным направлением*, совпадающим с единственной осью высшего порядка. В названиях простых форм средней категории часто учитывается форма сечения, перпендикулярного главной оси.

Призмы средней категории состоят из трех, четырех, шести, восьми и двенадцати граней, параллельных оси высшего порядка L_3 или L_4 или L_6 , образуя в поперечном сечении треугольник, квадрат, шестиугольник и другие формы (рисунок 1).

В зависимости от формы основания различают призмы:

- тригональная – основание треугольник, грани призмы параллельны оси третьего порядка или шестого порядка;
- тетрагональная – основание четырехугольник, грани призмы параллельны оси четвертого порядка;
- гексагональная – основание шестиугольник, грани призмы параллельны оси третьего порядка или шестого порядка;
- дитригональная – сечение удвоенный треугольник (дитригон);
- дитетрагональная – сечение удвоенный четырехугольник (дитетрагон);
- дигексагональная – сечение удвоенный шестиугольник (дигексагон).

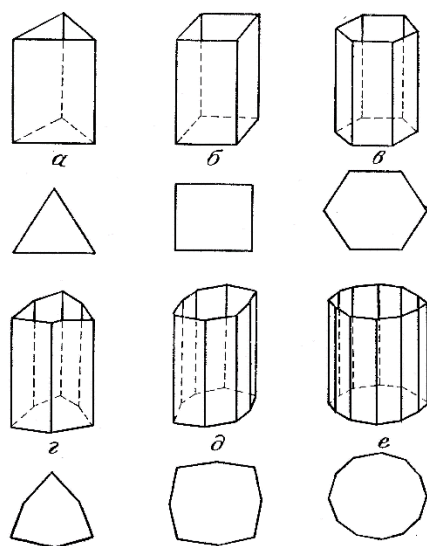


Рисунок 1 - Призмы средней категории: а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная; г – дитригональная; д – дитетрагональная; е - дигексагональная

Пирамиды средней категории – открытые простые формы, грани которых пересекают главную ось симметрии (L_3, L_4, L_6) в одной точке – вершине. В зависимости от формы основания различают пирамиды: тригональные, тетрагональные гексагональные, дитригональные, дитетрагональные, дигексагональные (рисунок 2).

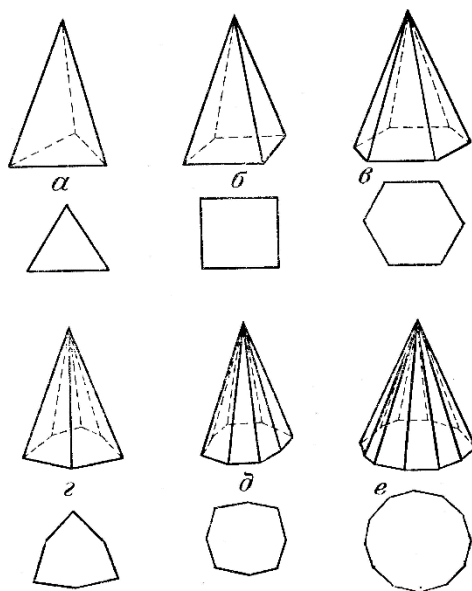


Рисунок 2 - Пирамиды средней категории: а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная; г – дитригональная; д – дитетрагональная; е - дигексагональная

Дипирамиды средней категории являются закрытыми простыми формами и представляют собой соответствующие пирамиды, сложенные основаниями. Их грани

пересекают главную ось симметрии ($L_3, L_4, L_{i4}, L_6, L_{i6}$) в двух точках, причём верхние грани располагаются точно над нижними (рисунок 3).

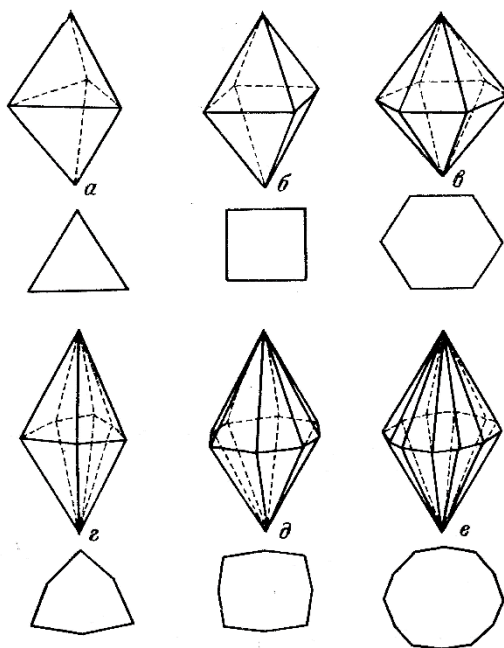


Рисунок 3 - Дипирамиды средней категории: а – тригональная; б – тетрагональная; в – гексагональная; г – дитригональная; д – дитетрагональная; е – дигексагональная

Особняком в средней сингонии стоят тетрагональный тетраэдр, ромбоэдр, скаленоэдры, трапецоэдры.

Ромбоэдр – простая закрытая форма. Все шесть его граней являются ромбами. Эта форма представляет собой куб вытянутый или сплюснутый вдоль оси L_3 . Все грани ромбоэдра попарно параллельны (рисунок 4).

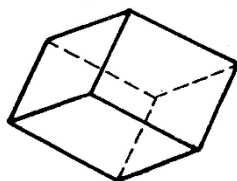


Рисунок 4 - Ромбоэдр

Тетрагональный тетраэдр (рисунок 5) образован четырьмя гранями, связанными между собой инверсионной осью четвёртого порядка (L_4). Форма грани - равнобедренный треугольник.

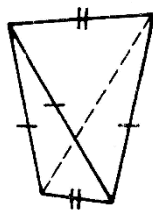


Рисунок 5 - Тетрагональный тетраэдр

Трапецоэдры простая закрытая форма, образованная трапециевидными гранями (рисунок 6). Грани трапецоэдров пересекают главную ось симметрии (L_3 , L_4 , L_6) в двух точках. Верхние грани трапецоэдра располагаются несимметрично относительно нижних граней. В трапецоэдрах присутствуют только простые оси симметрии. Плоскость и центр симметрии в них отсутствуют.

Тригональный трапецоэдр образован шестью гранями в виде трапеции. Тетрагональный трапецоэдр – восьмью, а гексагональный – двенадцатью.

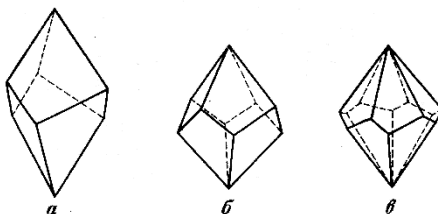


Рисунок 6 - Трапецоэдры: а – тригональный; б – тетрагональный; в – гексагональный

Скаленоэдры (с греч. скалено - косою) – простая закрытая форма. Грани скаленоэдров пересекают главную ось (L_3 и L_{i4}) в двух точках. Пара нижних граней располагается симметрично между двумя парами верхних. Очертания граней отвечают разносторонним треугольникам (рисунок 7).

Тригональный скаленоэдр образован двенадцатью гранями в виде неправильных треугольников.

Тетрагональный скаленоэдр соответствует как бы удвоенному тетраэдру. Восемь его треугольных граней связаны инверсионной осью четвертого порядка L_{i4} .

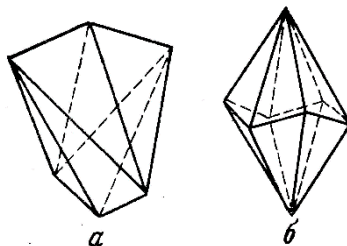


Рисунок 7 - Скаленоэдры: а – тетрагональный, б – тригональный

Порядок выполнения работы:

- знакомство с практическими навыками определения простых форм кристаллов средней категории;
- получение модели кристаллов, относящимся к средней категории симметрии;
- поочередно для каждой модели:
 - определение формулы симметрии, сингонии и категории симметрии кристалла;
 - определение количества простых форм кристалла, число граней для каждой из простых форм, тип простой формы.
- оформление результатов в таблице 3.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией расположения найденных элементов симметрии и характеристикой простых форм.

Таблица 3 – Простые формы кристаллов средней категории

№ образца	Элементы симметрии				Вид симметрии	Формула симметрии	Сингония	Категория	Простые формы
	Центр симметрии	Плоскость симметрии	Ось симметрии	Инверсионная ось					

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №4

Тема: Простые формы кристаллов высшей категории.

Цель работы: научиться определять простые формы кристаллов высшей категории, находящиеся в комбинациях.

Исходный материал: наборы моделей кристаллов высшей категории, таблица – «32 вида симметрии кристаллов».

Решаемая задача: определение симметрии кристалла, определение количества и типов простых форм (кубический тетраэдр, тригон-тритетраэдр, тетрагон-тритетраэдр, пентагон-тритетраэдр, гексатетраэдр, октаэдр, тригон-триоктаэдр, тетрагон-триоктаэдр, пентагон-триоктаэдр, гексаоктаэдр, гексаэдр, тетрагексаэдр, ромбододекаэдр, пентагон-додекаэдр, дидодекаэдр).

Объем работы: 4-8 моделей высшей категории симметрии.

Лабораторное обеспечение: наборы моделей кристаллов высшей категории симметрии, наборы наиболее распространенных простых форм кристаллов, демонстрационные модели кристаллов, таблицы 32-х видов симметрии кристаллов.

Теоретическая основа:

В высшей категории кубической сингонии встречаются 15 простых форм.

В основу номенклатуры простых форм кубической сингонии положены, с одной стороны, число граней, с другой – несколько форм, из которых путём их усложнения получают остальные. К исходным формам относятся: тетраэдр (кубический), октаэдр, гексаэдр, додекаэдр.

Кубический тетраэдр – простая закрытая форма, состоящая из четырёх граней в виде правильных треугольников.

Гексаэдр (куб) – простая закрытая форма, состоящая из шести граней в форме квадратов.

Октаэдр – простая закрытая форма, состоящая из восьми граней в виде правильных треугольников.

Додекаэдр – простая закрытая форма, состоящая из двенадцати граней.

Производные простых форм образуются из исходных путём удвоения, утроения, учетверения и ушестирения их граней.

Названия производных форм составляются следующим образом: первое слово характеризует форму новой грани, второе – количество граней, образованных на исходной грани, третье – название исходной простой формы.

Тетраэдр кубический (рисунок 1). Утроив его грани, получим двенадцатигранник. Если каждую грань разделить на три треугольника, получим – тригон-тритетраэдр. Если

разделить на три четырёхугольника – тетрагон-тритетраэдр. Если на три пятиугольника – пентагон-тритетраэдр. Когда каждая грань тетраэдра поделена на шесть треугольников, то получим гексатетраэдр.

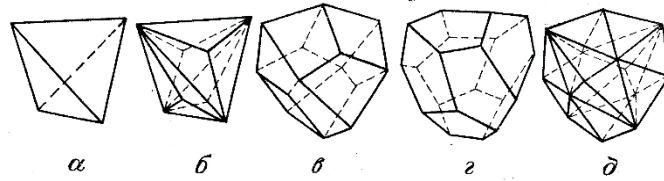


Рисунок 1 - Простые формы, выводющиеся из кубического тетраэдра: а – кубический тетраэдр; б – тригон-тритетраэдр; в – тетрагон-тритетраэдр; г – пентагон-тритетраэдр; д – гексатетраэдр

Октаэдр (рисунок 2). Утраивая грани октаэдра, получим двадцатичетырёхгранник. Если каждую грань октаэдра разделить на три треугольника, получим – тригон-триоктаэдр. Если разделить на три четырёхугольника – тетрагон-триоктаэдр. Если на три пятиугольника – пентагон-триоктаэдр. Когда каждая грань тетраэдра поделена на шесть треугольников, то получим гексаоктаэдр.

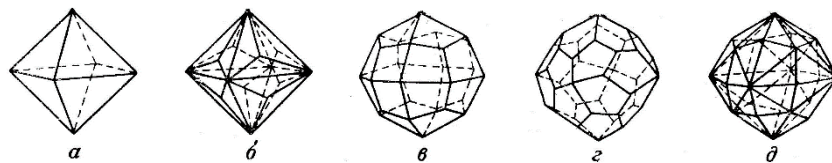


Рисунок 2 - Простые формы, выводющиеся из кубического октаэдра: а – октаэдр; б – тригон-триоктаэдр; в – тетрагон-триоктаэдр; г – пентагон-триоктаэдр; д – гексаоктаэдр

Гексаэдр (куб) – имеет производную форму тетрагексаэдра, образованный путём деления каждой грани гексаэдра на четыре треугольника или построения четырёхгранных пирамид на каждой грани куба (рисунок 3).

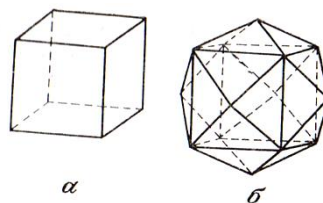


Рисунок 3 - Простые формы, выводющиеся из гексаэдра: а – гексаэдр; б – тетрагексаэдр

Додекаэдр - двенадцатигранник (рисунок 4). Ромбододекаэдр представляет собой простую форму, состоящую из 12 граней в виде ромбов. Пентагон-додекаэдр состоит из 12 граней в виде неправильных пятиугольников. Дидодекаэдр «удвоенный додекаэдр», имеющий двадцать четыре грани в виде трапеций.

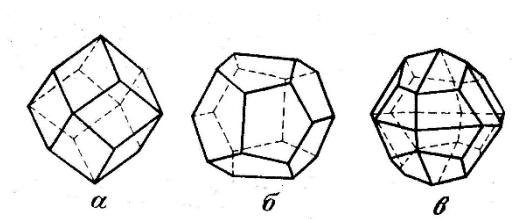


Рисунок 4 - Простые формы, выводящиеся из додекаэдра: а – ромбододекаэдр, б – пентагон-додекаэдр; в – дидодекаэдр

Порядок выполнения работы:

- знакомство с практическими навыками определения простых форм кристаллов высшей категории;
- получение модели кристаллов, относящимся к высшей категории симметрии;
- поочередно для каждой модели:
 - определение формулы симметрии, сингонии и категории симметрии кристалла;
 - определение количества простых форм кристалла, число граней для каждой из простых форм, тип простой формы.
- оформление результатов в таблице 4.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией расположения найденных элементов симметрии и характеристикой простых форм.

Таблица 4 – Простые формы кристаллов высшей категории

№ образца	Элементы симметрии			Вид симметрии	Формула симметрии	Сингония	Категория	Простые формы
	Центр симметрии	Плоскость симметрии	Ось симметрии					

Выполнил: _____
 Проверил: _____

Лабораторная работа №5

Тема: Минералы классов «Самородные элементы» и «Сульфиды».

Цель работы: научиться диагностировать минералы, относящиеся к простым веществам, сульфидам и их аналогам.

Исходный материал: образцы эталонной и рабочей минералогической коллекции.

Решаемая задача: характеристика морфологии минеральных индивидов (облик), типов минеральных агрегатов; определение физических и прочих свойств минералов, и как итог – диагностика минералов в образцах.

Объем работы: 5 образцов минералов или их агрегатов.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов, шкала Мооса, минералогические лупы 6-ти кратного увеличения, химических реактивов (соляная кислота), фарфоровая пластина, компас.

Теоретическая основа:

КЛАСС САМОРОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

В самородном состоянии в природе известны около 40 химических элементов, но большинство из них встречается очень редко.

Нахождение элементов в самородном виде связано со строением их атомов, имеющих устойчивые электронные оболочки. Химически инертные в природных условиях элементы называются благородными; самородное состояние для них является наиболее характерным. К ним относятся золото Au, серебро Ag, платина Pt и элементы группы платины. Очень часто в самородном состоянии встречаются углерод C, сера S и медь Cu.

Реже встречаются так называемые полуметаллы: мышьяк As, сурьма Sb, висмут Bi. Такие минералы как железо Fe, свинец Pb, олово Sn, ртуть Hg, встречаются как самородные крайне редко и нахождение их представляет лишь научный интерес. Некоторые элементы (хром, алюминий) вообще не встречаются в самородном виде.

Медь Cu

<i>Название</i>	Медь – от лат. <i>cuprum</i> .
<i>Химический состав</i>	Cu более 97%, Ag, Au, Fe до 2,5% Витнеит с содержанием золота до 11,6%
<i>Морфология</i>	Кристаллы встречаются редко, изометричные. Минеральные агрегаты – плоские дендриты, пластины. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Медно-красный.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Металлическая блестящая.

<i>Спайность</i>	Несовершенная.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	2,5 – 3,0.
<i>Плотность</i>	8,5 – 8,9.
<i>Хрупкость.</i>	Ковкий.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. В качестве цемента в конгломератах и миндалин в основных породах. 2. Экзогенный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности медь неустойчива и переходит в окисные формы.
<i>Применение</i>	Руда на медь.

КЛАСС СОБСТВЕННО СУЛЬФИДОВ И ИХ АНАЛОГОВ

Минералы этого класса с химической точки зрения являются производными сероводорода и селеноводорода. Химический состав их может быть выражен формулой A_mX_n , где место А занимают преимущественно металлические элементы – Pb, Zn, Hg, Fe, Cu, Ag, Mn, As, Sb, Bi, а место X – в основном сера или селен, иногда Sb и As, при этом $m= 1, 2, 4, 5$; $n=1, 2, 3, 4$.

Пирротин (магнитный колчедан) FeS_{1-x}

<i>Название</i>	Пирротин (pyrrhotine) – от греч. пиррос - огненно-красный.
<i>Химический состав</i>	Fe – 63,53 %, S – 36,47%, что соответствует формуле FeS. В пирротине всегда наблюдается избыточное содержание серы, оно достигает 39 – 40%. Примеси Cu, Ni, Co, Mn, Zn и др.
<i>Морфология</i>	Кристаллы встречаются редко, таблитчатые, редко столбчатые. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные, реже радиально-волокнистые. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Бронзово-желтый с бурой побежалостью.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Серовато-черная.
<i>Спайность</i>	Несовершенная.
<i>Излом</i>	Неровный до полураковистого.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4,5.
<i>Плотность</i>	4,58 – 4,7.
<i>Хрупкость.</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. В медно-никелевых сульфидных рудах в основных изверженных горных породах. Месторождения – Норильская группа, Монче-Тундра. 2. Контактво-метасоматический и метасоматический. Скарны. Ассоциирует с халькопиритом, пиритом, магнетитом и др. Месторождения – Башмаковское и Богословское (Урал). 3. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с самыми различными минералами. 4. Осадочный. Редкие находки пирротина в ассоциации с

<i>Разрушение</i>	сидеритом (Керченское месторождение), а также в фосфоритовых желваках.
<i>Применение</i>	На поверхности пирротин неустойчив и переходит в окисные формы. Сорные минерал, после обогащения пирротинсодержащих руд он направляется в отвал.

Сфалерит (цинковая обманка) ZnS

<i>Название</i>	Сфалерит (sphalerite) – от греч. слова «сфалерос» - обманчивый, потому, что по внешним признакам он совершенно не похож на обычные сульфиды.
<i>Химический состав</i>	Zn – 67,1%, S – 32,9%.
<i>Морфология</i>	Примеси – Fe до 20%, Mn, Cd до 2%, In, Ga, Ge, Tl. Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные, концентрически-зональные. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Желтый (клеюфан), коричневый до черного (марматит). Окраска обусловлена, главным образом, наличием изоморфных примесей Fe ⁺² .
<i>Блеск</i>	Алмазный.
<i>Прозрачность</i>	От прозрачного до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая или светло окрашенная в желтые и бурые оттенки.
<i>Спайность</i>	Совершенная в шести направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4.
<i>Плотность</i>	3,5 – 4,2.
<i>Хрупкость.</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с кварцем, галенитом. Месторождения – Александринское, Майское, Гайское, Учалинское, Узельгское (Ю.Урал), Дальнегорское (Приморский край), Рудный Алтай.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	Руда на цинк.

Галенит (свинцовый блеск) PbS

<i>Название</i>	Галенит (galena) – от лат. свинцовая руда или окалина, которая остается после выплавки свинца.
<i>Химический состав</i>	Pb – 86,6%, S – 13,4%.
<i>Морфология</i>	Примеси Ag, Cu, Se, Bi, Fe, As, Se. Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные, друзы. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Свинцово-серый.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Серовато-черная.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Плоский, полураковистый.
<i>Твердость</i>	2 - 3.
<i>Плотность</i>	7,4 – 7,6.

<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с вольфрамитом, касситеритом, халькопиритом, галенитом и серебряными рудами.
<i>Разрушение</i>	На поверхности галенит неустойчив.
<i>Применение</i>	Свинцовая руда.

Борнит (пестрая медная руда) Cu_5FeS_4

<i>Название</i>	Борнит (bornite) – в честь австрийского минералога фон И. Борна (Ignaz von Born, 1742-1791).
<i>Химический состав</i>	Cu – 63,3%, Fe – 11,2%, S – 25,5%.
<i>Морфология</i>	Примеси Ag. Кристаллы встречаются редко, изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	На свежем сколе темный, медно-красный. На воздухе покрывается пестрой побежалостью, «цвет застывших чернил».
<i>Блеск</i>	Полуметаллический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Серовато-черная.
<i>Спайность</i>	Практически отсутствует.
<i>Излом</i>	Мелкораковистый, неровный.
<i>Твердость</i>	3.
<i>Плотность</i>	4,9 – 5,2.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с самыми различными минералами. 2. Осадочный. Медистые песчаники. Халькопирит вместе с другими минералами цементирует зерна песка. Месторождение – Удоканское (Забайкалье). 3. Зона вторичного сульфидного обогащения.
<i>Разрушение</i>	На поверхности борнит неустойчив и замещается более богатыми медью минералами – халькозином и ковеллином.
<i>Применение</i>	Важнейшая медная руда.

Халькопирит (медный колчедан) $CuFeS_2$

<i>Название</i>	Халькопирит (chalcopyrite) – по составу: медьсодержащий минерал, сходный по виду с пиритом.
<i>Химический состав</i>	Cu – 34,57%, Fe – 30,54%, S – 34,9%.
<i>Морфология</i>	Примеси Au, Ag и другие. Кристаллы встречаются редко, изометричные. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Латунно-желтый с зеленоватым оттенком. Пестрая или темно-желтая побежалость.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Зеленовато-черная.
<i>Спайность</i>	Несовершенная.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3 - 4.

<i>Плотность</i>	4,1 – 4,3.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. В медно-никелевых сульфидных рудах в основных изверженных горных породах. 2. Медно-порфировый. Халькопирит встречается с молибденитом в кислых горных породах. Месторождения: Сорское (Хакасия), Михеевское, Томинское (Челябинская обл.). 3. Контактново-метасоматический и метасоматический. Ассоциирует с сульфидами, кварцем, баритом и кальцитом. Месторождения – Турьинское (Северный Урал), Гумешевское (Средний Урал) и Тарутинское (Южный Урал), месторождения Минусинского района (Кузнецкий Алатау). 3. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с самыми различными минералами. 4. Осадочный. Медистые песчаники. Халькопирит вместе с другими минералами цементирует зерна песка. Месторождение – Удоканское (Забайкалье).
<i>Разрушение</i>	На поверхности халькопирит неустойчив и переходит в разные кислородные соединения меди.
<i>Применение</i>	Главный источник меди.

Реальгар AsS

<i>Название</i>	Реальгар (realgal) – от араб. рудный порох.
<i>Химический состав</i>	As – 70,1%; S – 29,9%.
<i>Морфология</i>	Примеси – Se, Sb, V, Ge. Кристаллы стотаблитчатые. Минеральные агрегаты – сплошные, зернистые, налеты, корки, землистые.
<i>Цвет</i>	Оранжево-красный.
<i>Блеск</i>	На гранях кристалла – алмазный, в изломе смоляной, жирный.
<i>Прозрачность</i>	В свежем сколе прозрачный.
<i>Черта</i>	Светло-оранжевая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Раковистый до ступенчатого.
<i>Твердость</i>	1,5 - 2.
<i>Плотность</i>	3,4 – 3,6.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с кварцем, антимонитом. Месторождения – Лухумское (Кавказ).
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	Сырье для получения As ₂ O ₃ , а также желтой краски.

Киноварь HgS

<i>Название</i>	Киноварь (cinnabar) – от среднелат. cinnabaris; имеет долгую историю, которую можно проследить от персидского слова, очевидно означающего «кровь дракона»; за его красный цвет.
<i>Химический состав</i>	Hg – 86,2%, S – 13,8%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы толстотаблитчатые, изометричные. Минеральные агрегаты – зернистые, примазки

	порошковидные, налеты.
	Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Красный со свинцово-серой побежалостью.
<i>Блеск</i>	Алмазный.
<i>Прозрачность</i>	Полупрозрачная.
<i>Черта</i>	Красная.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный, полураковистый.
<i>Твердость</i>	2,0 – 2,5.
<i>Плотность</i>	8,09 – 8,2.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с кварцем, антимонитом. Месторождения – Сухонькое (Алтайский край), Ляпганайское, Олюторское, Чемпуринское (Камчатский край), Куприяновское (Кемеровская обл.), Белокаменное, Салинское, Каскадное и Дальнее (Красноярский край), Чаган-Узунское и Черемшанское (Республика Алтай), Звездочка, Гал-Хая, Северное, Балгикакчан и Среднее (Якутия), Терлигхайское (Республика Тыва), Тибское (Республика Сев. Осетия – Алания), Ланское (Хабаровский край), Тамватнейское, Западно-Палянское (Чукотский автономный округ).
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчива.
<i>Применение</i>	Руда на ртуть.

Антимонит (сурьмяный блеск) Sb_2S_3

<i>Название</i>	Антимониум от лат. - сурьма.
<i>Химический состав</i>	Sb – 71,4%, S – 28,6%.
<i>Морфология</i>	Примесь - As. Кристаллы игольчатые, столбчатые со штриховкой поперек удлинению. Минеральные агрегаты – радиально-лучистые.
	Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Свинцово-серый с синеватым оттенком.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Свинцово-серая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Ступенчатый до неровного.
<i>Твердость</i>	2,0 – 2,5.
<i>Плотность</i>	4,5 – 4,6.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с кварцем, кинварью. Месторождения - Сарылахское и Сентачанское (Якутия), Удерейское (Красноярский край).
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	Руда на сурьму.

Группа аурипигмента As_2S_3

<i>Название</i>	Аурипигмент происходит от латинских слов аурум – золото и пигментум - краска.
-----------------	---

<i>Химический состав</i>	As – 61%; S – 39%. Примеси – Se, Sb, V, Ge.
<i>Морфология</i>	Кристаллы стотабитчатые. Минеральные агрегаты – листоватые, зернистые, порошковидные, радиально-лучистые.
<i>Цвет</i>	Лимонно-желтый.
<i>Блеск</i>	От алмазного до полуметаллического.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный.
<i>Черта</i>	Лимонно-желтая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Ступенчатый до неровного.
<i>Твердость</i>	1 - 2.
<i>Плотность</i>	3,4 – 3,5.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный низкотемпературный. Встречается в парагенезисе с кварцем, антимонитом. Вулканические возгоны, на стенках кратеров вулкана. Месторождения – Лухумское (Кавказ).
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	Сырье для получения As ₂ O ₃ , получение желтой краски.

Группа молибденита (молибденовый блеск) MoS₂

<i>Название</i>	Молибденит (molybdenite) – по составу: слово молибден является производной от греч. свинец.
<i>Химический состав</i>	Mo – 60%, S – 40%. Примеси Re.
<i>Морфология</i>	Кристаллы уплощенные. Минеральные агрегаты – чешуйчатые, листоватые. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Свинцово-серый с голубым оттенком.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Серая с зеленоватым или голубоватым оттенком.
<i>Спайность</i>	Весьма совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Ступенчатый до неровного.
<i>Твердость</i>	1,5 - 2.
<i>Плотность</i>	4,7 -5,0.
<i>Хрупкость.</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с халькопиритом и кварцем.
<i>Разрушение</i>	На поверхности молибденит неустойчив.
<i>Применение</i>	Молибденовая руда.

Пирит (серный колчедан) FeS₂

<i>Название</i>	Пирит (pyrite) – от греч. <i>огонь</i> ; за то, что дает сверкающие искры при ударе стальным предметом.
<i>Химический состав</i>	Fe - 46,6%, S – 53,4%. Примеси Co, Ni, Cu, Mn, As, Sb, Au, Ag.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – изометричные, часто со штриховкой на гранях. Минеральные агрегаты – зернистые, шаровидные, почковидные, лучисто-концентрические.

Вкрапленники.	
<i>Цвет</i>	Соломенно-желтый, латунно-желтый, часто с желтовато-бурой и пестрой побежалостью.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Буровато- или зеленовато-черная.
<i>Спайность</i>	Весьма несовершенная.
<i>Излом</i>	Неровный, иногда раковистый.
<i>Твердость</i>	6 – 6,5.
<i>Плотность</i>	4,9 – 5,2.
<i>Хрупкость</i>	Относительно хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. Образует мельчайшие вкрапленники во многих магматических горных породах. 2. Контактво-метасоматический. Постоянный спутник сульфидов в скарнах и магнетитовых залежах. 3. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с самыми различными минералами. 4. Осадочный. Широко известны конкреции пирита в песчано-глинистых отложениях, месторождениях угля, железа, марганца и бокситов.
<i>Разрушение</i>	На поверхности пирит неустойчив и переходит в разные гидратные формы оксидов железа.
<i>Применение</i>	Основное сырье сернокислотной промышленности. Среднее содержание серы в руде 35 – 50%. Вредная примесь – мышьяк.

Арсенопирит (мышьяковый колчедан) FeAsS

<i>Название</i>	Арсенопирит (arsenopyrite) – сокращенный старый термин мышьяковистый пирит; минерал, по виду сходный с пиритом, содержащий мышьяк.
<i>Химический состав</i>	Fe – 34,3%, As – 46,0%, S – 19,7%. Примеси Co, Ni и Sb.
<i>Морфология</i>	Кристаллы столбчатые. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные.
<i>Цвет</i>	Вкрапленники. Оловянно-белый.
<i>Блеск</i>	Металлический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Серовато-черная.
<i>Спайность</i>	Совершенная в двух направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный до ступенчатого.
<i>Твердость</i>	5,5 - 6.
<i>Плотность</i>	5,9 – 6,2.
<i>Хрупкость.</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Контактво-метасоматический и метасоматический. Скарны. Ассоциирует с халькопиритом, пиритом, магнетитом и др. Месторождения – Качканарское и Джетигаринское (Урал), Дарасунское и Запокровское (Восточная Сибирь). 2. Гидротермальный. Встречается в парагенезисе с вольфрамитом, касситеритом, халькопиритом, галенитом и серебряными рудами.
<i>Разрушение</i>	На поверхности арсенопирит неустойчив.
<i>Применение</i>	Основная мышьяковая руда.

Порядок выполнения работы:

- вводная часть первого занятия посвящается изучению эталонной коллекции минералов, относящихся к простым веществам, сульфидам и их аналогам;
- затем студент получает коробку с образцами минералов;
- поочередно для каждого минерала определяет диагностические признаки минералов;
- с помощью заранее составленного конспекта свойств минералов диагностирует минералы, характеризует минеральные парагенезисы, вторичные изменения минералов;
- в конце занятия представляет результаты проделанной работы в таблице 5.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией диагностических признаков минералов непосредственно на образцах, характеристикой парагенезисов, вторичных изменений минералов, выводами о практической ценности минералов.

Таблица 5 – Морфология и физические свойства самородных элементов и сульфидов

№ образца	Морфология	Оптические свойства			Механические свойства		Прочие свойства
		Цвет, Цвет черты	Блеск	Прозрачность	Твердость	Спайность, излом	

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №6

Тема: Минералы классов «Оксиды и гидроксиды» и «Галогениды».

Цель работы: научиться диагностировать минералы, относящиеся к карбонатам и галогенидам.

Исходный материал: образцы эталонной и рабочей минералогической коллекции.

Решаемая задача: характеристика морфологии минеральных индивидов (облик), типов минеральных агрегатов; определение физических и прочих свойств минералов, и как итог – диагностика минералов в образцах.

Объем работы: 5 образцов минералов или их агрегатов.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов, шкала Мооса, минералогические лупы 6-ти кратного увеличения, химических реактивов (соляная кислота), фарфоровая пластина, компас.

Теоретическая основа:

КЛАСС ОКСИДОВ

Оксиды - соединения элементов с кислородом, в гидроокислах присутствует также вода. В земной коре на долю окислов и гидроокислов приходится около 17%, из них на долю кремнезёма (SiO_2) около 12.5%.

Наиболее распространёнными минералами этой группы являются окислы кремния, алюминия, железа, марганца и титана.

В кристаллических структурах минералов класса окислов катионы металлов находятся в окружении анионов кислорода (в окислах) или гидроксила (в гидроокислах). Среди окислов можно выделить простые окислы, в которых отношения между катионами и анионами изменяются в пределах от 2:1 до 1:2 (R_2O , R_2O_3 , RO_2) и сложные окислы, для которых характерны двойные соединения типа $\text{RO}^*\text{R}_2\text{O}_3$.

Происхождение минералов класса окислов различное - магматическое, пегматитовое, гидротермальное, но большинство окислов образовалось в результате экзогенных процессов в верхних слоях литосферы. Многие эндогенные минералы при выветривании разрушаются и переходят в окислы и гидроокислы.

Физические свойства окислов различны: для большинства из них характерна высокая твёрдость. Минералы класса окислов имеют большое практическое значение.

Магнетит (магнитный железняк) FeFe_2O_4

<i>Название</i>	Магнетит (magnetite) – старый термин, приписываемый названию местности Магнезия в Фессалии, Греция; некоторые авторы считают это название производным от Магнес – имени пастуха, который первым открыл минерал на горе Ида, заметив, что гвозди его башмаков и железный наконечник посоха прилипают к породе.
<i>Химический состав</i>	FeO – 31%, Fe ₂ O ₃ – 69%. Примеси: TiO ₂ , Cr ₂ O ₃ .
<i>Морфология</i>	Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные зернистые массы. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Железо-черный.
<i>Блеск</i>	Полуметаллический.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Черная.
<i>Спайность</i>	Отсутствует.
<i>Излом</i>	Неровный до раковистого.
<i>Твердость</i>	5,5 - 6.
<i>Плотность</i>	4,9 – 5,2.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Магнитность</i>	Сильно магнитный.
<i>Генезис</i>	1.Магматический. Магнетит наблюдается в виде вкрапленников. С основными породами генетически связаны месторождения титаномагнетита. Месторождения: Кусинское (Южный Урал). 2.Пегматитовый. 3.Гидротермальный. 4.Контактово-метасоматический. Месторождения: гора Магнитная, гора Высокая, гора Благодати (Урал). 5.Метаморфический. Месторождения: Курская магнитная аномалия.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	Руда на железо.

Хромит (хромистый железняк) FeCr₂O₄

<i>Название</i>	Хромит (Chromite) – по составу.
<i>Химический состав</i>	Примеси – TiO ₂ до 2%, V ₂ O ₃ до 0,2%, MnO до 1%, NiO до 0,п%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные зернистые агрегаты.
<i>Цвет</i>	Черный.
<i>Блеск</i>	Металловидный.
<i>Прозрачность</i>	Непрозрачный.
<i>Черта</i>	Бурая.
<i>Спайность</i>	Отсутствует.
<i>Излом</i>	Раковистый до неровного.
<i>Твердость</i>	5,5 – 7,5.
<i>Плотность</i>	4,0 – 4,8.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	Магматический. Генетически связан с ультраосновными породами. Месторождения – Сарановское, Кемпирсайское (Урал).

Разрушение На поверхности устойчив.
Применение Основная руда на хром.

Гематит (красный железняк) Fe_2O_3

Название Гематит (hematite) – от греч. кроваво-красный; за цвет.
Химический состав Fe- 70%, O – 30%.
Морфология Примеси – Ti, Mg.
Кристаллы пластинчатые, таблитчатые.
Минеральные агрегаты – сплошные, плотные, скрытокристаллические, листоватые, чешуйчатые и землистые.
Цвет Железо-черный (кристаллические разновидности), ярко-красный (землистые разновидности).
Блеск Полуметаллический.
Прозрачность Прозрачный в тонких пластинках.
Черта Вишнево-красная.
Спайность Отсутствует.
Излом Полураковистый до неровного.
Твердость 5,5 – 6,0.
Плотность 5,0 – 5,2.
Хрупкость Хрупкий.
Генезис 1 Магматический. Встречается в изверженных породах кислого состава.
2. Гидротермальный. Ассоциирует с кварцем, баритом, иногда магнетитом, сидеритом, хромитом и другими минералами.
3. Вулканические эксгаляции. Образует кристаллы и налеты на стенках кратеров вулканов и в трещинах лав.
4. Коры выветривания.
5. Региональный метаморфизм. Крупные скопления гематита сформировались путем метаморфизма осадочных месторождений бурых железняков. Месторождения – Курская магнитная аномалия (Курская, Белгородская и Орловская области).
Разрушение На поверхности устойчив.
Применение Важнейшая железная руда. Промышленное содержание железа – 46 – 50%.

Ильменит (титанистый железняк) $FeTiO_3$

Название Ильменит (ilmenite) – по месту находки в Ильменских горах, Южный Урал.
Химический состав Fe- 36,8%, Ti – 31,6%, O – 31,6%.
Морфология Примеси – Mn, Mg.
Кристаллы пластинчатые, толстотаблитчатые.
Минеральные агрегаты – сплошные, плотные агрегаты.
Вкрапленники.
Цвет Железо-черный.
Блеск Полуметаллический.
Прозрачность Непрозрачный.
Черта Черная.
Спайность Отсутствует.
Излом Раковистый до полураковистого.
Твердость 5,0 – 6,0.

<i>Плотность</i>	4,72.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1 Магматический. Встречается в основных изверженных породах в ассоциации с магнетитом. 2. Пегматитовый, связанный с щелочными породами. Месторождения – Ильменские горы (Урал). 3. Гидротермальный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	Руда на титан.

Корунд Al_2O_3

<i>Название</i>	Корунд (corundum) – очевидно, название произошло от старого индийского термина каурунтака.
<i>Химический состав</i>	Al – 53,2%, O – 46,8%.
<i>Морфология</i>	Примеси – Cr, Fe, Ti, Mn. Кристаллы боченковидные, столбчатые, пирамидальные и пластинчатые. Минеральные агрегаты – сплошные зернистые массы. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Синевато- или желтовато-серый. Разновидности прозрачных разновидностей: <i>лейкосапфир</i> – бесцветный, <i>сапфир</i> – синий, <i>рубин</i> – красный.
<i>Блеск</i>	Стеклянный.
<i>Прозрачность</i>	От прозрачного до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Отсутствует.
<i>Излом</i>	Полураковистый.
<i>Твердость</i>	9,0.
<i>Плотность</i>	3,95 – 4,10.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1 Магматический. Встречается в породах богатых глиноземом и бедных кремнеземом в ассоциации с полевыми шпатами. 2. Пегматитовый, связанный с щелочными породами. 3. Контактново-метасоматический. Образуется в кристаллических известняках. 4. Региональный метаморфизм. 5. Россыпи.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. В качестве абразивного материала. 2. В ювелирном деле (сапфир, рубин и лейкосапфир).

Кварц SiO_2

<i>Название</i>	Кварц (quartz) – очевидно, от саксонского слова querkluffertz, означающего секущие жилы.
<i>Химический состав</i>	Si – 53,2 %, O – 46,8%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы столбчатые. Минеральные агрегаты – сплошные зернистые массы, друзы, щетки. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, молочно-белый, серый.

	Прозрачные и полупрозрачные разновидности:
	1) горный хрусталь – бесцветный, прозрачный, без примесей;
	2) аметист – фиолетовый, прозрачный;
	3) розовый кварц – полупрозрачный, просвечивающий;
	4) цитрин – желтый, прозрачный;
	5) дымчатый – буроватый, прозрачный;
	6) морион – черный.
<i>Блеск</i>	Стекланный на гранях кристаллов, жирный в изломе.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Отсутствует.
<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	7,0.
<i>Плотность</i>	2,65.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1 Магматический. Встречается в породах богатых кремнеземом в ассоциации с полевыми шпатами. 2. Пегматитовый, в ассоциации с полевыми шпатами. 3. Гидротермальный. Является главным жильным минералом. 4. Метаморфический. 5. Экзогенный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. В качестве поделочного камня. 2. Бесцветный горный хрусталь используется для изготовления оптических приборов. 3. В точной механике широко используется для изготовления опорных призм, часовых камней и тд. 4. В радиотехнике для изготовления пьезокварцевых пластинок. 5. Получение химической посуды с высокой огнеупорностью и кислотоупорностью. 6. В стекольно-керамической промышленности для варки стекла и выделки фарфора и фаянса. 7. Применяется для производства карбида кремния. 8. Тонкие кварцевые пески применяются в пескоструйных аппаратах для полировки поверхностей металлических и каменных изделий. 9. Песчаники, состоящие из сцементированных окатанных зерен кварца, служат строительным материалом.

КЛАСС ГАЛОГЕНИДЫ

К классу галоидных соединений относится около 100 минералов. Их роль как породообразующих минералов невелика, но они важны в общегеологическом и практическом отношении. Наиболее распространены из минералов этого класса хлористые соединения.

Галогениды используются в химической и пищевой промышленности, а также в качестве флюсов в металлургии.

Галит NaCl

<i>Название</i>	Галит (halite) – от греч. море, соль.
<i>Химический состав</i>	Na – 39,4%, Cl – 60,6%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные кристаллические сплошные массы, корочки, налеты, выцветы, друзовые агрегаты.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, белый, серый, синий.
<i>Блеск</i>	Стекланный, на поверхностях слегка выветрелых разновидностей жирный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Весьма совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	2,0.
<i>Плотность</i>	2,1 – 2,2.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Вкус</i>	Соленый.
<i>Генезис</i>	1 Экзогенный. Образуется в усыхающих замкнутых соленых озерах или мелководных лагунах и заливах.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Пищевой продукт. 2. Консервирующее средство. 3. В химической промышленности используется для получения соляной кислоты, хлора, соды, едкого натрия и ряда солей. 4. Галит является исходным сырьем для получения металлического натрия. 5. В черной и цветной металлургии он используется как восстановитель и для удаления серы. 6. В электротехнике применяется при изготовлении разрядных ламп с парами натрия.

Сильвин KCl

<i>Название</i>	Сильвин (sylvanite) – от старого химического названия этого вещества Sal digestivus Sylvii, т.е. пищеварительная соль Сильвиуса (Francois Sylvius de le Voe, 1624 - 1672), голландского физики и химика из Лейдана.
<i>Химический состав</i>	K – 52,5%, Cl – 47,5%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные кристаллические сплошные массы.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, молочно-белый, ярко-красный, розовый.
<i>Блеск</i>	Стекланный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Весьма совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	1,5 - 2,0.
<i>Плотность</i>	1,97 – 1,99.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Вкус</i>	Горьковато солёный.

<i>Генезис</i>	1 Экзогенный. Образуется в усыхающих замкнутых соленых озерах или мелководных лагунах и заливах. Месторождение – Соликамское (Пермский край).
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Калийные удобрения. 2. В химической промышленности используется для получения калийсодержащих соединений.

Флюорит (плавиковый шпат) CaF₂

<i>Название</i>	Флюорит (fluorite) – от лат. течь, так как он плавится легче, чем другие минералы, с которыми его путают.
<i>Химический состав</i>	Ca – 51,2%, F – 48,8%.
<i>Морфология</i>	Кристаллы изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные массы. Вкрапленники.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, желтый, зеленый, голубой, фиолетовый, фиолетово-черный.
<i>Блеск</i>	Стеклянный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в четырех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	4,0.
<i>Плотность</i>	3,18.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.

Порядок выполнения работы:

- вводная часть первого занятия посвящается изучению эталонной коллекции минералов, относящихся к оксидам и галогенидам;
- затем студент получает коробку с образцами минералов;
- поочередно для каждого минерала определяет диагностические признаки минералов;
- с помощью заранее составленного конспекта свойств минералов диагностирует минералы, характеризует минеральные парагенезисы, вторичные изменения минералов;
- в конце занятия представляет результаты проделанной работы в таблице 6.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией диагностических признаков минералов непосредственно на образцах, характеристикой парагенезисов, вторичных изменений минералов, выводами о практической ценности минералов.

Таблица 6 – Морфология и физические свойства оксидов и галогенидов

№ образца	Морфология	Оптические свойства			Механические свойства		Прочие свойства
		Цвет, Цвет черты	Блеск	Прозрачность	Твердость	Спайность, излом	

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №7

Тема: Минералы классов «Карбонаты» и «Сульфаты».

Цель работы: научиться диагностировать минералы, относящиеся к карбонатам и сульфатам.

Исходный материал: образцы эталонной и рабочей минералогической коллекции.

Решаемая задача: характеристика морфологии минеральных индивидов (облик), типов минеральных агрегатов; определение физических и прочих свойств минералов, и как итог – диагностика минералов в образцах.

Объем работы: 5 образцов минералов или их агрегатов.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов, шкала Мооса, минералогические лупы 6-ти кратного увеличения, химических реактивов (соляная кислота), фарфоровая пластина, компас.

Теоретическая основа:

КЛАСС КАРБОНАТОВ

Карбонаты - многочисленная группа минералов, которые имеют широкое распространение. В структурном отношении все карбонаты относятся к одному основному типу - анионы $[\text{CO}_3]^{2-}$ представляют собой изолированные радикалы в форме плоских треугольников.

Большинство карбонатов безводные простые соединения, главным образом Ca, Mg и Fe с комплексным анионом $[\text{CO}_3]^{2-}$. Менее распространены сложные карбонаты, содержащие добавочные анионы (OH)-, F- и Cl-. Среди наиболее распространённых безводных карбонатов различают карбонаты тригональной и ромбической сингоний.

Карбонаты обычно имеют светлую окраску: белую, розовую, серую и т.д., исключение представляют карбонаты меди, имеющие зелёную или синюю окраску. Твёрдость карбонатов около 3-4.5; плотность невелика, за исключением карбонатов Zn, Pb и Ba.

Важным диагностическим признаком является действие на карбонаты кислот (HCl и HNO₃), от которых они в той или иной степени вскипают с выделением углекислого газа.

По происхождению карбонаты осадочные (биохимические или химические осадки) или осадочно-метаморфические минералы; выделяются также поверхностные, характерные для зоны окисления и иногда низкотемпературные гидротермальные карбонаты.

Кальцит CaCO_3

<i>Название</i>	Кальцит (calcite) – от лат. известь.
<i>Химический состав</i>	CaO – 56 %, CaO_2 – 44 %.
<i>Морфология</i>	Примеси – Fe, Mg, Sr. Кристаллы столбчатые, уплощенные, изометричные. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные, друзы, жеоды, натечные образования.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, молочно-белый, бледно-желтый, бледно-зеленый, голубой, серый.
<i>Блеск</i>	Стеклообразный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3,0.
<i>Плотность</i>	2,6 – 2,8.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Легко вступает в реакцию с HCl .
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Получение извести. 2. В металлургической промышленности в качестве флюса. 3. Изготовление николей поляризованных микроскопов.

Магнезит MgCO_3

<i>Название</i>	Магнезит (magnesite) – по составу: содержит магний.
<i>Химический состав</i>	MgO – 47,6 %, CO_2 – 52,4 %. Примеси – Fe, Mn, Ca.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – изометричные, столбчатые. Минеральные агрегаты – кристаллически-зернистые и фарфоровидные, скрытокристаллические массы.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, белый, серовато-белый.
<i>Блеск</i>	Стеклообразный, матовый (фарфоровидные массы).
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	4,0 – 4,5.
<i>Плотность</i>	2,9 – 3,1.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Растворяется в горячей кислоте HCl .
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Получение огнеупорных материалов. 2. Изготовление цемента.

Сидерит (железный шпат) FeCO_3

<i>Название</i>	Сидерит (siderite) – по составу: железистый (sideros) минерал.
<i>Химический состав</i>	$\text{FeO} - 62,1 \%$, $\text{CO}_2 - 37,9 \%$.
<i>Морфология</i>	Примеси –Ca, Mg, Mn. Минеральные агрегаты – зернистые, сплошные, шаровидные.
<i>Цвет</i>	Желтовато-серый, сероватый. Часто на поверхности развиваются гидроокислы железа.
<i>Блеск</i>	Стекланный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4,5.
<i>Плотность</i>	3,9.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Реагирует вскипанием с нагретой соляной кислотой, при этом капля кислоты желтеет.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	Руда на железо.

Доломит $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$

<i>Название</i>	Доломит (dolomite) – в честь французского геолога и минералога Д. де Доломье (Deodat Gue Silvain Tancrede Gratet de Dolomieu, 1750 - 1801).
<i>Химический состав</i>	$\text{CaO} - 30,4 \%$, $\text{MgO} - 21,7 \%$, $\text{CO}_2 - 47,9 \%$.
<i>Морфология</i>	Примеси – Fe, Mn. Кристаллы уплощенные. Минеральные агрегаты – кристаллическо-зернистые.
<i>Цвет</i>	Серовато-белый с желтоватым и буроватым оттенком.
<i>Блеск</i>	Стекланный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до полупрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в трех направлениях.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4,0.
<i>Плотность</i>	2,8 – 2,9.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Растворяется с HCl в порошке
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Изготовление огнеупоров. 2. В металлургической промышленности в качестве флюса.

Малахит $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$

<i>Название</i>	Малахит (malachite) – от греч. мальва; за зеленый цвет.
-----------------	---

<i>Химический состав</i>	CuO – 71,9 %, CO ₂ – 19,9 %, H ₂ O – 8,2 %.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – короткостолбчатые. Минеральные агрегаты – натечные, почковидные, землистые, волокнистые, радиально-лучистые.
<i>Цвет</i>	Изумрудно-зеленый, темно-зеленый, зеленовато-серый, светло-зеленый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, шелковистый, матовый.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Светло-зеленая.
<i>Спайность</i>	Совершенная.
<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4,0.
<i>Плотность</i>	3,9 – 4,1.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Легко растворяется в HCl
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Руда на медь. 2. Поделочный камень. 3. Изготовление краски.

Азурит Cu₃[CO₃]₂(OH)₂

<i>Название</i>	Азурит (azurite) – от перс. слова, означающего синий; по цвету минерала.
<i>Химический состав</i>	CuO – 69,2 %, CO ₂ – 25,6 %, H ₂ O – 5,2 %.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – уплощенные. Минеральные агрегаты – натечные, почковидные, землистые, волокнистые, радиально-лучистые.
<i>Цвет</i>	Светло-синий, лазурно-синий до очень темно-синего.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, шелковистый, матовый.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Светло-зеленая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	3,5 – 4,0.
<i>Плотность</i>	3,5 – 4,0.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Реакция с кислотой</i>	Легко растворяется в HCl
<i>Генезис</i>	1. Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Руда на медь. 2. Поделочный камень. 3. Изготовление краски.

КЛАСС СУЛЬФАТОВ

Сульфаты - соли серной кислоты. Они имеют светлую окраску, небольшую твёрдость, многие из них растворимы в воде.

Основная масса сульфатов имеет осадочное происхождение - это химические морские и озёрные осадки. Многие сульфаты являются минералами зоны окисления, известны сульфаты и как продукты вулканической деятельности.

Различают сульфаты безводные, водные и сложные, содержащие кроме общего для всех анионного комплекса $[SO_4]^{2-}$ также добавочные анионы $(OH)^-$.

Барит $BaSO_4$.

<i>Название</i>	Барит (barite) – от греч. тяжелый; по относительно тяжелому весу.
<i>Химический состав</i>	BaO – 65,7 %, SO_3 – 34,3 %. Примеси – Ca, Sr, Pb, Ra.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – пластинчатые, столбчатые. Минеральные агрегаты – сплошные, мраморовидные, землистые.
<i>Цвет</i>	Белый, серый, красный, желтый, голубой, зеленоватый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный на плоскостях спайности перламутровый.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Неровный.
<i>Твердость</i>	3,0 – 3,5.
<i>Плотность</i>	4,3 – 4,5.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Гидротермальный. 2. Осадочный. 3. Россыпи.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Изготовление белых красок. 2. Получение солей бария. 3. В резиновой и бумажной промышленности.

Гипс $CaSO_4 \times 2H_2O$

<i>Название</i>	Гипс (gypsum) – от греч. штукатурка; древнее название.
<i>Химический состав</i>	CaO – 32,6 %, SO_3 – 46,5 %, H_2O – 20,9 %.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – пластинчатый, столбчатый, игольчатый. Минеральные агрегаты – сплошные, мраморовидные, землистые.
<i>Цвет</i>	Бесцветный, белый, кремовый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, шелковистый.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.

<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	2,0.
<i>Плотность</i>	2,2 – 2,4.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	Осадочный.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Обожженный гипс используется при изготовлении цемента, материала для лепки и медицины. 2. Поделочный камень.

Порядок выполнения работы:

- вводная часть первого занятия посвящается изучению эталонной коллекции минералов, относящихся к карбонатам и сульфатам;
- затем студент получает коробку с образцами минералов;
- поочередно для каждого минерала определяет диагностические признаки минералов;
- с помощью заранее составленного конспекта свойств минералов диагностирует минералы, характеризует минеральные парагенезисы, вторичные изменения минералов;
- в конце занятия представляет результаты проделанной работы в таблице 7.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией диагностических признаков минералов непосредственно на образцах, характеристикой парагенезисов, вторичных изменений минералов, выводами о практической ценности минералов.

Таблица 7 – Морфология и физические свойства карбонатов и сульфатов

№ образца	Морфология	Оптические свойства			Механические свойства		Прочие свойства
		Цвет, Цвет черты	Блеск	Прозрачность	Твердость	Спайность, излом	

Выполнил: _____

Проверил: _____

Лабораторная работа №8

Тема: Минералы класса «Силикаты».

Цель работы: научиться диагностировать минералы, относящиеся к силикатам.

Исходный материал: образцы эталонной и рабочей минералогической коллекции.

Решаемая задача: характеристика морфологии минеральных индивидов (облик), типов минеральных агрегатов; определение физических и прочих свойств минералов, и как итог – диагностика минералов в образцах.

Объем работы: 5 образцов минералов или их агрегатов.

Лабораторное обеспечение: эталонные коллекции минералов, экспозиции минералов, шкала Мооса, минералогические лупы 6-ти кратного увеличения, химических реактивов (соляная кислота), фарфоровая пластина, компас.

Теоретическая основа:

КЛАСС СИЛИКАТОВ

Силикаты – самый обширный класс минералов. Общее число минеральных видов силикатов около 800. По распространенности на долю силикатов приходится более 75% от всех минералов литосферы. Это объясняется тем, что силикаты – важнейшие породообразующие минералы, из которых сложена основная масса горных пород.

Силикаты отличаются сложным химическим составом и широкими изоморфными замещениями. Но основу кристаллов составляют кремнекислородные тетраэдры (один атом кремния окружен четырьмя атомами кислорода).

В зависимости от того, как сочетаются между собой кремнекислородные тетраэдры, различают следующие структурные типы силикатов:

- 1) островные (изолированные тетраэдры) $[\text{SiO}_4]^{4-}$;
- 2) кольцевые (тетраэдрические кольца) $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$;
- 3) цепочечные (цепочки тетраэдров) $[\text{SiO}_3]^{2-}$;
- 4) ленточные (сдвоенные цепочки тетраэдров) $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$;
- 5) слоистые (двухмерные сетки из тетраэдров);
- 6) каркасные (трехмерные тетраэдрические постройки).

Внутренняя структура силикатов отражается на их габитусе. Так, силикаты, структура которых представлена обособленными кремнекислородными тетраэдрами, часто имеют изометрический облик (гранаты). В структуре турмалина – тетраэдрические кольца, имеют удлиненно-призматический габитус.

Группа оливина (Fe, Mg)₂[SiO₄]

<i>Название</i>	Оливин (olivine) – назван за оливково-зеленый цвет.
<i>Химический состав</i>	В группу оливина входят следующие минералы: форстерит – Fe ₂ [SiO ₄]; оливин – (Fe, Mg) ₂ [SiO ₄]; фаялит – Fe ₂ [SiO ₄]; кнебелит – (Fe, Mn) ₂ [SiO ₄]; тефроит - Mn ₂ [SiO ₄].
<i>Морфология</i>	Минеральные агрегаты – сплошные, зернистые.
<i>Цвет</i>	От светло-желтого до темно-зеленого и черного.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, в агрегатах жирный.
<i>Прозрачность</i>	Просвечивает зеленым.
<i>Черта</i>	Белая или серая.
<i>Спайность</i>	Несовершенная.
<i>Излом</i>	Раковистый, неровный.
<i>Твердость</i>	6,5 – 7,0.
<i>Плотность</i>	3,2 – 4,3.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический, генетически связанный с основными и ультраосновными породами. 2. Пневматолитовый.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Маложелезистые разновидности применяются при производстве огнеупоров. 2. Драгоценные камни (хризолит).

Группа гранатов

<i>Название</i>	Гранат (garnet) – от лат. гранатовое яблоко, зерна которого он напоминает. Пироп (pyrope) – от греч. огненный, за его огненно-красный цвет. Альмандин (almandite) – по месту находки в Алабанде, где в древнее время умели гранить и полировать гранаты. Спессартин (spessartine) – по месту находки в Спессарте на северо-западе Баварии. Уваровит (uvarovite) – в честь графа С.С. Уварова. Гроссуляр (grossular) – от лат. крыжовник, по сходству светло-зеленого цвета некоторых образцов с цветом ягод крыжовника. Андрадит (andorite) – в честь Андора фон Семсеи, венгерского дворянина, интересовавшегося минералами и метеоритами.
<i>Химический состав</i>	В группе гранатов наиболее распространенными являются два изоморфных ряда: Пиральспиты: пироп Mg ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ ; альмандин Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ ; спессартин Mn ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ . Уграндиты: уваровит Ca ₃ Cr ₂ [SiO ₄] ₃ ; гроссуляр Ca ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃ ; андрадит Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃ .
<i>Морфология</i>	Кристаллы – изометричные. Минеральные агрегаты – сплошные, зернистые.
<i>Цвет</i>	Пироп – темно-красный; альмандин – красный, коричневый,

	фиолетовый; спессартин – розовый, красный, желтовато-бурый; уваровит – изумрудно-зеленый; гроссуляр – светло-зеленый, зеленовато-бурый; андрадит – бурый, красный, зеленовато-бурый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Несовершенная.
<i>Излом</i>	Раковистый, занозистый, шероховатый.
<i>Твердость</i>	6,5 – 7,5.
<i>Плотность</i>	3,51 – 4,25.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический, как акцессорный минерал. 2. Метаморфический: - Региональный метаморфизм. - Контактный метаморфизм.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Абразивный материал. 2. Полудрагоценные камни.

Группа дистена (кианит) $Al_2O_3[SiO_4]$

<i>Название</i>	Дистен – от греч. «ди» - двойко и «стенос» - сопротивление, из-за различной твердости минерала по двум направлениям. Кианит (kyanite) – название от греч голубой за наиболее обычный для него цвет.
<i>Химический состав</i>	Al_2O_3 – 63,1 %, SiO_2 – 36,9 %.
<i>Морфология</i>	Примеси: Fe_2O_3 – 1 - 2 %, Cr_2O_3 – 1,8 %. Кристаллы – столбчатые. Минеральные агрегаты – радиально-лучистые, зернистые.
<i>Цвет</i>	Небесно-голубой, синий, зеленый, желтый, реже бесцветный.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, перламутровый.
<i>Прозрачность</i>	Просвечивающий, до прозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении.
<i>Излом</i>	Ступенчатый, ровный.
<i>Твердость</i>	6,0 в поперечном сечении, 4,5 в продольном сечении.
<i>Плотность</i>	3,5 – 3,7.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Пневматолитовый. 2. Метаморфический.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Огнеупорное производство. 2. Высокоглиноземистое сырье.

Группа эпидота $Ca_2(Fe, Al)_3[SiO_4]_2[Si_2O_7]O(OH)$

<i>Название</i>	Эпидот (epidote) – от греч. приращение сечение призмы в кристаллах имеет одну сторону длиннее другой.
<i>Химический состав</i>	CaO – 23,5 %, Al_2O_3 – 24,1 %, SiO_2 – 37,9 %, Fe_2O_3 – 12,6 %, H_2O – 1,9 %.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – столбчатые. Минеральные агрегаты – шестоватые, зернистые и

	массивные.
<i>Цвет</i>	Зеленый, фиолетово-зеленый травяно-зеленый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, сильно стеклянный.
<i>Прозрачность</i>	Просвечивает зеленым.
<i>Черта</i>	Белая, серовато-белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная в одном направлении.
<i>Излом</i>	Ступенчатый, неровный.
<i>Твердость</i>	6,5.
<i>Плотность</i>	3,35 – 3,38.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Метаморфический: - Региональный метаморфизм. - Контактный метаморфизм. 2. Гидротермальный, изменение кальцийсодержащих минералов.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Прозрачные разновидности можно отнести к драгоценным камням.

Группа пироксенов

<i>Название</i>	<p>Пироксен (pyroxene) – название группы минералов от греч. огонь и чужеземец, неправильно считалось, что он не присущ изверженным породам.</p> <p>Энстатит (enstatite) – от греч. противник, за то что он трудно плавится в пламени паяльной трубки.</p> <p>Гиперстен (hypersthene) – от греч. очень сильный, его твердость казалась выше, чем у других минералов, с которыми его первоначально путали.</p> <p>Диопсид (diopside) – от греч. два и вид, предполагается, что кристалл диопсида может быть по разному ориентирован.</p> <p>Геденбергит (hedenbergite) – в честь шведского химика М. А. Л. Геденберга.</p> <p>Эгирина (aegirine) – по имени скандинавского бога моря Эгира, так как минерал впервые был обнаружен в Норвегии.</p> <p>Жадеит (jadeite) – от фран. слова жад – бок, поскольку этим камнем лечили боли в боку.</p> <p>Сподумен (spodumene) – от греч. превращенный в пепел, при нагревании перед паяльной трубкой образуется масса пепельного цвета.</p> <p>Авгит (augite) – от греч. блеск, по блеску на плоскостях спайности.</p>
<i>Химический состав</i>	<p>Энстатит $Mg_2[Si_2O_6]$ – гиперстен $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$.</p> <p>Диопсид $CaMg[Si_2O_6]$ – геденбергит $CaFe[Si_2O_6]$.</p> <p>Эгирина $NaFe^{3+}[Si_2O_6]$.</p> <p>Жадеит $NaAl[Si_2O_6]$.</p> <p>Сподумен $LiAl[Si_2O_6]$.</p> <p>Авгит $(Ca, Na)(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)[(Si, Al)_2O_6]$.</p>
<i>Морфология</i>	<p>Кристаллы – столбчатые до игольчатых.</p> <p>Минеральные агрегаты – зернистые и массивные.</p>
<i>Цвет</i>	Энстатит – светло-серый, зеленоватый, желто-серый; гиперстен – темно-коричневый, темно-серый, коричнево-зеленый; диопсид – серый, зеленый, бесцветный; геденбергит – темно-

	зеленый до черного. авгит – черный, буро-черный, темно-зеленый; эгирин – зеленовато-черный, темно-зеленый; сподумен – белый, серый, зеленоватый, фиолетовый; жадеит – зеленый.
<i>Блеск</i>	Стеклянный, сильно стеклянный.
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный, до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая, зеленая.
<i>Спайность</i>	Средняя, в двух направлениях под углом 90°.
<i>Излом</i>	Ступенчатый, неровный.
<i>Твердость</i>	5,5 – 7,0.
<i>Плотность</i>	3,1 – 3,8.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. 2. Метаморфический: - Региональный метаморфизм. - Контактный метаморфизм.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Поделочный камень. 2. Сырье на литий.

Группа амфиболов

<i>Название</i>	Амфибол (amphibole) – название группы минералов, от греч. двойственный, как отражение значительных колебаний состава и внешнего вида минералов этой группы. Антофиллит (anphophyllite) – от новолат. гвоздика, по гвоздично-бурой окраске. Тремолит (tremolite) – по месту находки в долине Тремоль (Швейцария). Актинолит (actinolite) – от греч. луч, по частому нахождению в виде радиально-лучистых агрегатов. Рибекит (riebeckite) – в честь немецкого путешественника Э. Рибекка. Глаукофан (glaucophane) – от греч. синий и вид, за цвет. Арфведсонит (arfvedsonite) – в честь шведского химика Й. А. Арфведсона. Роговая обманка (horn blende) – от нем. Рог и запутывать или обманывать.
<i>Химический состав</i>	Антофиллит $(Mg, Fe)_7(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$; Тремолит $Ca_2Mg_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$ – актинолит $Ca_2Fe_5(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$. Рибекит $Na_2(Fe, Mg)_3Fe_2(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$ – глаукофан $Na_2(Fe, Mg)_3Al_2(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$. Арфведсонит $Na_3(Fe, Mg)_4Fe(OH)_2[Si_4O_{11}]_2$. Роговая обманка $NaCa_2(Fe, Mg)_4(Fe, Al)(OH, F)_2[Al_2 Si_6O_{22}]$.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – дощатая до игольчатых. Минеральные агрегаты – зернистые, массивные и волокнистые.
<i>Цвет</i>	<i>Антофиллит</i> - белый, светло-серый, зеленый; <i>тремолит</i> – белый, светло-серый, зеленовато-зеленый; <i>актинолит</i> – зеленый, разных оттенков; <i>рибекит</i> – темно-синий до черного; <i>глаукофан</i> – синий;

<i>Блеск</i>	арфведсонит – черный; роговая обманка – зеленый, от буро-зеленого до черного.
<i>Прозрачность</i>	Стеклянный, сильно стеклянный.
<i>Черта</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Спайность</i>	Белая, зеленая.
<i>Излом</i>	Средняя, в двух направлениях под углами 60° и 120°.
<i>Твердость</i>	Ступенчатый, неровный.
<i>Плотность</i>	5,5 – 6,0.
<i>Хрупкость</i>	2,9 – 3,46.
<i>Генезис</i>	Хрупкий.
<i>Разрушение</i>	1. Магматический.
<i>Применение</i>	2. Метаморфический: - Региональный метаморфизм. - Контактный метаморфизм. На поверхности неустойчив.
	1. Поделочный камень.
	2. Волокнистые разновидности используются как асбест.

Группа каолинита $Al_2[Si_2O_5](OH)_4$

<i>Название</i>	Каолинит (kaolinite) – от слова каолин, искажение китайского «Као-Линг» (высокая гора), название холма близ холма Яучау-Фу, где встречается минерал.
<i>Химический состав</i>	Al_2O_3 – 39,5 %; SiO_2 – 46,5 %; H_2O – 14,0 %.
<i>Морфология</i>	Минеральные агрегаты – скрытокристаллические, землистые.
<i>Цвет</i>	Чешуйки – бесцветные, сплошные массы – белые.
<i>Блеск</i>	Чешуйки – перламутровые, сплошные массы – матовые.
<i>Прозрачность</i>	Чешуйки – прозрачные, сплошные массы – непрозрачные.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении.
<i>Излом</i>	Раковистый.
<i>Твердость</i>	1,0.
<i>Плотность</i>	2,58 – 2,60.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Коры выветривания. Месторождения: Кыштымское, Еленинское (Урал); Туганское (Западная Сибирь); Баленское (Восточная Сибирь); Чалганское (Дальний Восток).
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Керамическая промышленность. 2. Бумажная промышленность.

Группа серпентин (змеевика) $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_2$

<i>Название</i>	Серпентин (serentine) – название группы минералов, от лат. змея з вид поверхности некоторых серпентинитовых пород, напоминающий кожу змеи.
<i>Химический состав</i>	MgO – 43,0 %; SiO_2 – 44,1 %; H_2O – 12,9 %.
<i>Морфология</i>	Примеси - FeO , Fe_2O_3 , NiO (ревдинскит), Cr_2O_3 .
<i>Цвет</i>	Минеральные агрегаты – плотные, листоватые – <i>антигорит</i> , волокнистые – <i>хризотил-асбест</i> . Желто-зеленый, темно-зеленый, желтоватый, белый.

<i>Блеск</i>	Матовый до шелковистого (хризотил-асбест).
<i>Прозрачность</i>	Прозрачный до непрозрачного.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении (антигорит).
<i>Излом</i>	Ступенчатый, занозистый.
<i>Твердость</i>	2,5 – 3,5.
<i>Плотность</i>	2,5 – 2,7.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Метасоматический.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Поделочный камень. 2. Хризотил-асбест – изготовление тканей и теплоизоляционных материалов. 3. Руда на никель. 4. Огнеупорный кирпич.

Группа Тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)$

<i>Название</i>	Тальк (talс) – древнее происхождение, возможно, производное от арабского талк.
<i>Химический состав</i>	MgO – 31,7 %; SiO_2 – 63,5 %; H_2O – 4,8 %.
<i>Морфология</i>	Примеси - FeO , Al_2O_3 , NiO . Минеральные агрегаты – листоватые, чешуйчатые, сплошные скопления.
<i>Цвет</i>	Белый, бледно-зеленый, желтоватый или буроватый оттенок.
<i>Блеск</i>	Стеклянный с перламутровым отливом, в сплошных скоплениях матовый.
<i>Прозрачность</i>	Тонкие листочки прозрачные, сплошные агрегаты - непрозрачные.
<i>Черта</i>	Белая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении.
<i>Излом</i>	Занозистый, неровный.
<i>Твердость</i>	1,0, на ощупь жирный.
<i>Плотность</i>	3,9 – 4,2.
<i>Хрупкость</i>	Хрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Метаморфический.
<i>Разрушение</i>	На поверхности неустойчив.
<i>Применение</i>	1. Изготовление электрических изоляторов. 2. Производство кислото- и упорных материалов. 3. Бумажная и резиновая промышленность, как наполнитель. 4. Смазывание машин. 5. Изготовление пудры.

Группа слюд

<i>Название</i>	Слюда (mica) – название группы минералов, в английском языке, очевидно, от слова блеск, глянec (micare) или, возможно, от лат. слова крошка или зерно (mica). Мусковит (muskoxite) – от московское стекло, мусковит был впервые описан как минерал из Московии. Парагонит (paragonite) – от греч. ввести в заблуждение, вначале его приняли за тальк.
-----------------	---

	Флогопит (phlogopite) – от греч. огнеподобный, за красноватый оттенок.
	Биотит (biotite) – в честь Ж.Б. Биота, французского физика, изучавшего оптические различия между слюдами.
	Лепидомелан (lepidomelane) – от греч. чешуя и черный, за чешуйчатое строение и черный цвет.
	Лепидолит (lepidolite) - от греч. чешуя, за чешуйчатое строение.
<i>Химический состав</i>	Мусковит $KAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$; Парагонит $NaAl_2(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$; Флогопит $KMg_3(OH, F)_2[AlSi_3O_{10}]$; Биотит $K(Mg, Fe)_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$; Лепидомелан $KFe_3(OH)_2[AlSi_3O_{10}]$; Лепидолит $KLi_{1,5}Al_{1,5}(OH, F)_2[AlSi_3O_{10}]$.
<i>Морфология</i>	Кристаллы – таблитчатые. Минеральные агрегаты – листоватые, чешуйчатые, сплошные скопления.
<i>Цвет</i>	Мусковит, парагонит – бесцветный, желтоватый, светло-коричневый, иногда с красноватым оттенком. Флогопит – коричневый разных оттенков. Биотит, лепидомелан – черный. Лепидолит – фиолетовый, сиреневый.
<i>Блеск</i>	Перламутровый.
<i>Прозрачность</i>	Тонкие листочки прозрачные, сплошные агрегаты - непрозрачные.
<i>Черта</i>	Белая, серая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении.
<i>Излом</i>	Занозистый, неровный.
<i>Твердость</i>	2,0 – 3,0.
<i>Плотность</i>	2,7- 3,12.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. 2. Метаморфический.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Электро- и радиопромышленность. 2. Литьевое сырье.

Хлорит $(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_8$

<i>Название</i>	Хлорит (chlorite) – название группы минералов, от греч. зеленый, за зеленоватую окраску. Пеннин (penninite) – разновидность клинохлора, по месту нахождения в Пеннинских Альпах (Швейцария). Клинохлор (clinocllore) – по моноклинной сингонии (monoclinic) и от греч. зеленый, по цвету. Прохлорит – первая часть слова произошла от греч. «про», что означает перед, изучен раньше всех хлоритов. Шамозит (chamosite) – по месту находки в Шамозоне (Швейцария). Тюрингит (l)
<i>Химический состав</i>	Пеннин $(Mg, Al)_6[Al_{0,5}Si_{3,5}O_{10}](OH)_8$; Клинохлор $(Mg, Al)_6[AlSi_3O_{10}](OH)_8$; Прохлорит $(Mg, Fe, Al)_6[Al_{1,5}Si_{2,5}O_{10}](OH)_8$; Шамозит $(Fe^{2+}, Mg, Fe^{3+})_6[AlSi_3O_{10}](OH)_8$;

Тюрингит (Fe^{2+} , Mg, Fe^{3+} , Al) $_6$ [Al $_2$ Si $_2$ O $_{10}$](OH, O) $_8$.

<i>Морфология</i>	Кристаллы – таблитчатые. Минеральные агрегаты – листоватые, чешуйчатые, сплошные скопления.
<i>Цвет</i>	Мусковит, парагонит – бесцветный, желтоватый, светло-коричневый, иногда с красноватым оттенком. Флогопит – коричневый разных оттенков. Биотит, лепидомелан – черный. Лепидолит – фиолетовый, сиреневый.
<i>Блеск</i>	Перламутровый.
<i>Прозрачность</i>	Тонкие листочки прозрачные, сплошные агрегаты - непрозрачные.
<i>Черта</i>	Белая, серая.
<i>Спайность</i>	Совершенная, в одном направлении.
<i>Излом</i>	Занозистый, неровный.
<i>Твердость</i>	2,0 – 3,0.
<i>Плотность</i>	2,7- 3,12.
<i>Хрупкость</i>	Нехрупкий.
<i>Генезис</i>	1. Магматический. 2. Метаморфический.
<i>Разрушение</i>	На поверхности устойчив.
<i>Применение</i>	1. Электро- и радиопромышленность. 2. Литьевое сырье.

Порядок выполнения работы:

- вводная часть первого занятия посвящается изучению эталонной коллекции минералов, относящихся к силикатам;
- затем студент получает коробку с образцами минералов;
- поочередно для каждого минерала определяет диагностические признаки минералов;
- с помощью заранее составленного конспекта свойств минералов диагностирует минералы, характеризует минеральные парагенезисы, вторичные изменения минералов;
- в конце занятия представляет результаты проделанной работы в таблице 8.

Форма представления результатов: в письменном виде с устным отчетом, демонстрацией диагностических признаков минералов непосредственно на образцах, характеристикой парагенезисов, вторичных изменений минералов, выводами о практической ценности минералов.

Таблица 8 – Морфология и физические свойства силикатов

№ образца	Морфология	Оптические свойства			Механические свойства		Прочие свойства
		Цвет, Цвет черты	Блеск	Прозрачность	Твердость	Спайность, излом	

Выполнил: _____

Проверил: _____