

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ТАШКЕНТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А.Р. БЕРУНИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по дисциплине «Кристаллография,  
минералогия, геохимия» для студентов бакалавриата  
направления образования 5440800-Геология и поиски  
месторождений полезных ископаемых

Ташкент 2007

Составитель:

к.г.м.н. Адилханов К.Х.

Рецензент:

заведующий кафедрой  
«Минералогии и геохимии» НУУз  
д.г.м.н., проф. Конеев Р.И.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ студентами специальности 5440800 «Геология и поиски месторождений полезных ископаемых».

Целью изучения предмета «Кристаллография, минералогия, геохимия» является раскрытия основных законов образования простейших природных тел - минералов, выяснения закономерностей их распространения по зонам минералообразования, особенностей их химического состава, внешней формы, внутреннего строения и физических свойств и овладения современными методами изучения минералов. Изучения предмета приобретает особое значение как научной основы для прогнозирования и поисков полезных ископаемых. При изучении дисциплин особое внимание студенты должны уделять работе в лаборатории кафедры сначала моделями кристаллов, затем над реальными природными минералами.

Методические указания обсуждены и одобрены на заседании кафедры «Геология, минералогия, петрография» горно-геологического факультета (протокол № 6 от «17» октября 2007 г.).

Методические указания утверждены научно-методическим советом горно-геологического факультета (протокол № 3 от «18» октября 2007 г.).

## Лабораторная работа №1

### Определение элементов симметрии

Симметрия. При кажущейся простоте и обыденности понятие симметрии довольно сложно. В наиболее простом определении симметрия есть правильность в расположении одинаковых частей фигуры. Эта правильность выражается: 1) в закономерной повторяемости частей при вращении фигуры, причем последняя при поворотах как бы совмещается сама с собою; 2) в зеркальном равенстве частей фигуры, когда одни части ее представляются как бы зеркальными отражением других.

Встречаются и более сложные виды симметрии: бывает, что для совмещения одной части фигуры с другой нужно не только отразить первую, но и повернуть отражение на некоторый угол. Это - случай зеркально-поворотной симметрии.

Все эти закономерности сделаются значительно понятнее после ознакомления с элементами симметрии.

Рассматривая хорошо образованные кристаллы или кристаллографические модели, легко установить те закономерности, которые наблюдаются в распределении в кристаллах одинаковых плоскостей и равных углов. Эти закономерности сводятся к присутствию в кристаллах следующих элементов симметрии (по отдельности или в определенных сочетаниях): 1) плоскостей симметрии; 2) осей симметрии и 3) центра симметрии.

1. Воображаемая плоскость, которая делит фигуру на две равные части, относящиеся друг к другу, как предмет к своему изображению в зеркале (или как правая рука к левой), называется плоскостью симметрии и обозначается буквой  $P$  (рис.1).

2. Направление, при повороте вокруг которого всегда на один и тот же угол все части кристалла симметрично повторяются  $n$  раз, называется простой или поворотной осью симметрии. (рис.2,3) Число  $n$ , показывающее сколько раз

наблюдается повторение частей при полном ( $360^\circ$ ) обороте кристалла вокруг оси, называется порядком или значностью оси симметрии.

На основании теоретических соображений легко доказать, что в кристаллах могут существовать только оси симметрии 2,3,4 и 6-го порядков.

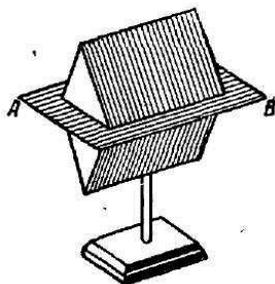


Рис.1. Плоскость симметрии.

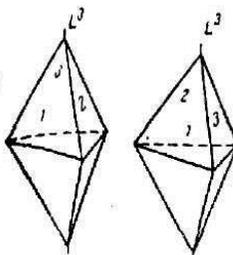


Рис.2. Ось симметрии 3-го порядка.

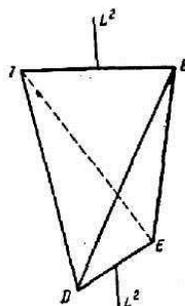


Рис.3. Многогранник с осью симметрии 2-го порядка

Ось симметрии обозначается буквой  $L$ , а порядок оси симметрии - показателем, поставленным справа внизу. Так  $L_3$  обозначает ось симметрии 3-го порядка;  $L_6$  - ось симметрии 6-го порядка и т.д. Если в кристалле присутствует несколько осей или плоскостей симметрии, то число их обозначается коэффициентом, который ставится перед соответствующей буквой. Так  $4L_33L_26P$  обозначает, что в кристалле присутствует четыре оси симметрии 3-го порядка, 3 оси симметрии 2-го порядка и 6 плоскостей симметрии.

Кроме простых осей симметрии, возможны так называемые сложные или зеркально-поворотные оси симметрии. В этом случае, как было отмечено выше, совмещение многогранника всеми его частями с исходным положением происходит не в результате только одного вращения на какой-то угол  $\alpha$ , но и одновременного с этим отражения в воображаемой перпендикулярной плоскости. Ось сложной симметрии обозначается также буквой  $L$ , но только

показатель оси ставится сверху, например,  $L^2$ . Исследование показывает, что кристаллические многогранники могут иметь сложные оси 2, 4 и 6 наименований или порядков т.е.  $L^2, L^4$  и  $L^6$ .

3. Точка внутри кристалла, на равном расстоянии от которой в противоположных направлениях находятся равные, параллельные и в общем обратно расположенные грани, называется центром симметрии или центром обратного равенства и обозначается буквой  $c$ . Очень легко доказывается, что  $c=L_2$ , т.е. что центр обратного равенства появляется в кристаллах, которые имеют ось сложной симметрии 2-го порядка. Следует также заметить, что оси в сложной симметрии в тоже время являются осями простой симметрии вдвое меньшего наименования, т.е. возможны обозначения  $L^4_2 L^6_3$ . Однако обратного заключения делать нельзя, так как не каждая ось простой симметрии обязательно будет являться осью сложной симметрии вдвое большего наименования. Русский ученый А.В. Гадолин 1869 г. доказал, что в кристаллах могут существовать только 32 комбинации (сочетания) выше перечисленных элементов симметрии, называемые кристаллическими классами или видами симметрии? Все они констатированы в природных или искусственных кристаллах.

## Лабораторная работа №2

### **Кристаллографические категории, сингонии, классы**

Как указано выше, в кристаллах возможны 32 комбинации элементов симметрии, и эти 32 комбинации называют кристаллографическими классами или видами симметрии. Кристаллографические классы объединяются в сингонии (или иначе системы) на основании некоторых признаков, из которых весьма важным является возможность при сходно выбранных координатных (кристаллографических) осях просто и рационально выразить символы граней. Таких сингоний выделяют 7.

Наименее симметричны кристаллические классы в количестве двух объединяются в триклинную сингонию, названную так, вследствие необходимости выбирать косоугольную систему кристаллографических осей, т.е. осей под тремя различными наклонами одна к другой. В той сингонии кристаллизуются такие широко распространенные минералы, как плагиоклазы, также купоросы и др.

Кристаллы, имеющие или одну плоскость симметрии (P), или одну ось симметрии второго порядка ( $L_2$ ), или и тот и другой элемент симметрии в сочетании с центром симметрии ( $L_2PC$ ), относятся к моноклинной сингонии. Они могут быть рационально отнесены к системе координат, в которой только одна ось образует косой угол с другими. В этой сингонии кристаллизуется очень много минералов: ортоклаз, авгит, а также сахар и ряд других веществ.

При наличии у кристаллов трех плоскостей симметрии и трех им перпендикулярных осей второго порядка и центра симметрии ( $3L_23PC$ ) кристаллы относятся к ромбической сингонии, так как в поперечном сечении они часто имеют форму ромба. К этой же сингонии относятся кристаллы с тремя осями симметрии второго порядка ( $3L_2$ ) или с сочетанием двух плоскостей симметрии и осью второго порядка ( $L_22P$ ).

Кристаллы с такой симметрией могут быть отнесены к системе трех взаимно-перпендикулярных осей координат.

В ромбической сингонии кристаллизуются сера, оливин, сурьмяный блеск и др.

К тетрагональной или квадратной сингонии относятся кристаллы, имеющие одну ось симметрии четвертого порядка простую или сложную ( $L_4$ ) единственную или в сочетании с другими элементами симметрии. При этом максимальная симметрия для этой сингонии может быть выражена формулой ( $L_44L_25PC$ ). К этой сингонии относятся кристаллы циркона, медного колчедана и др. (Кристаллы медного колчедана имеют симметрии  $L^42L_22P$ , т.е. в их симметрии имеется сложная ось симметрии 4-го порядка).

Кристаллы, имеющие одну ось третьего порядка ( $L_3$ ) - единственную или в сочетании с другими элементами симметрии, за исключением двух видов симметрии ( $L_3P$  и  $L_33L_24P$ ) относятся к тригональной или ромбоэдрической сингонии и для рационального и просто обозначения граней должны относиться к четырехосной системе координат, причем ось  $L_3$  принимается за IV ось, а три оси  $L_2$  за I, II и III. Наибольшее количество элементов симметрии для этой сингонии выражается формулой  $L_3^63L_23PC$ . Для тригональной сингонии имеются представители среди минералов: кварц, кальцит и др.

При наличии простых осей шестого порядка ( $L_6$ ) кристаллы относятся к гексагональной сингонии. К этой же сингонии относятся упомянутые выше виды симметрии  $L_3P$  и  $L_33L_24P$ . Максимальное количество элементов симметрии, возможное для этой сингонии, выражается формулой  $L_66L_27PC$ . Кристаллы относят к четырехосной системе координатных осей, причем ось  $L_6$ , принимается за IV ось, а 3 оси  $L_2$ , в тех случаях, когда они имеются, за оси I, II и III (рис.4). При этом положительные направления этих осей принимаются через  $120^\circ$ , так что III ось своим отрицательным направлением обращена к наблюдателю. Подобный выбор осей позволяет изобразить символ грани четырьмя индексами, причем сумма трех первых индексов равна нулю. Например (1211) или (1010) и т.д. К этой сингонии относятся такие минералы, как апатит, нефелин и др.

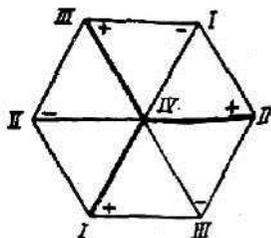


Рис.4. Разположение осей координат в кристаллах гексагональной сингонии

Наиболее симметричными являются кристаллы

кубической сингонии. Они обязательно должны иметь четыре оси третьего порядка ( $4L_3$ ) и, кроме того, или три взаимно перпендикулярные оси четвертого порядка ( $3L_4$ ) или вместо них три оси второго порядка ( $3L_2$ ). Эти три оси выбираются за оси координат. Максимальное количество элементов симметрии  $3L_44L_36L_29PC$ . Таким образом, кристаллы кубической сингонии являются наиболее симметричными из всех кристаллов. Представителями кубической сингонии являются: поваренная соль, алмаз, цинковая обманка, гранаты др.

### Лабораторная работа №3 Определение простых форм

**Простые формы.** В кристаллических многогранниках может быть всего 47 простых форм. Наиболее распространенные простые формы пригодятся ниже, (рис.5).

Моноэдр- форма, со стоящая из одной грани (рис. 5а).

Пинакоид- форма, состоящая из двух параллельных граней (рис. 5 б).

Диэдр - форма, состоящая из двух граней, пересекающихся между собой под каким-нибудь углом (рис. 5в).



Рис. 5. Моноэдр (а); пинакоид (б); диэдр (в).

На рис. 6 показаны призмы, т.е. простые формы, состоящие из трех или большего числа граней. В зависимости от формы основания различают следующие виды призм:

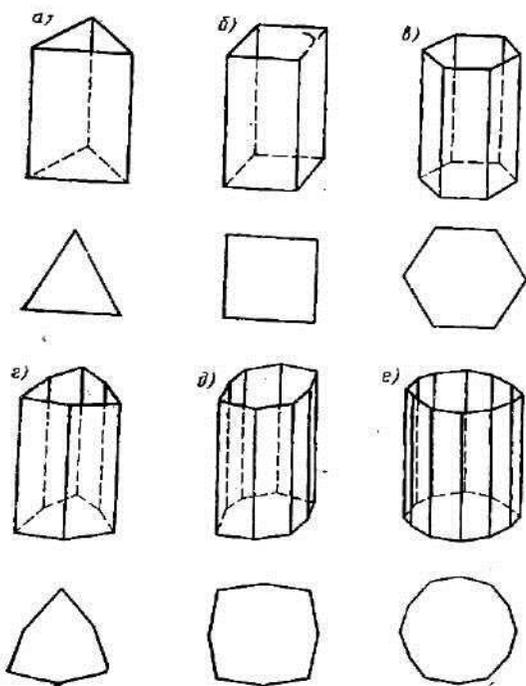


Рис.6. Виды призм: а- тригональная, б- тетрагональная, в- гексагональная, г- дитригональная, д- дитетрагональная, е- дигексагональная.

Тригональная- основание треугольник (рис. 6а);

Тетрагональная - основание четырехугольник (рис.6б);

Гексагональная – основание правильный шестиугольник (рис. 6в);

Дитригональная – сечение удвоенный треугольник (дитригон) (рис. 6г);

Дитетрагональная - сечение удвоенный четырехугольник (дитетрагон) (рис. 6д);

Дигексагональная - основание дигексагон, т.е. удвоенный шестиугольник (рис. 6е).

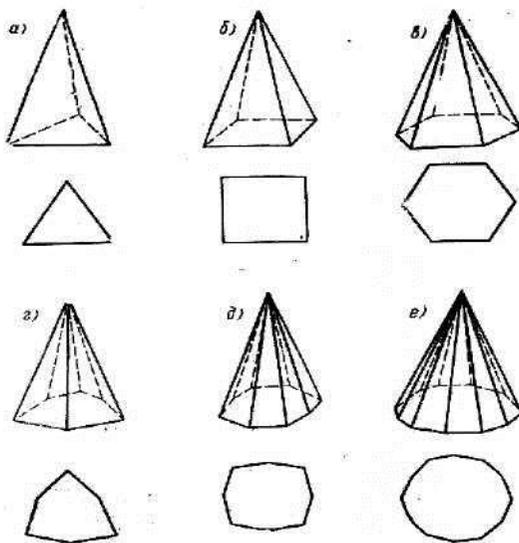


Рис 7. Виды пирамид: а- тригональная, б- тетрагональная, в- гексагональная, г- дитригональная, д- дитетрагональная, е- дигексагональная.

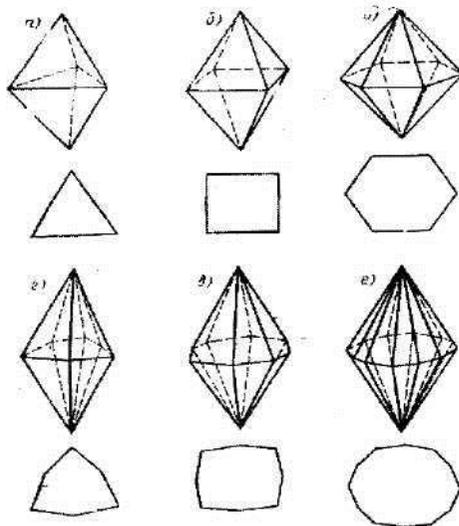


Рис 8. Виды бипирамид: а- тригональная, б- тетрагональная, в- гексагональная, г- дитригональная, д- дитетрагональная, е- дигексагональная.

На рис.7 показаны пирамиды, т.е. формы, состоящие из трех или большего числа граней, пересекающихся в одной точке:

- Тригональная;
- Тетрагональная;
- Гексагональная;
- Дитригональная;
- Дитетрагональная;
- Ди гексагональная.

Две пирамиды, сложенные своими основаниями, называются *дипирамидой*.

Название дипирамид, также как призмы пирамид, зависит от формы их сечения (рис8):

- Тригональная;
- Тетрагональная;
- Гексагональная;
- Дитригональная;
- Дитетрагональная;
- Дигексагональная.

Скаленоэдры- формы, имеющие грани в виде разносторонних треугольников (скалено-разносторонний) (рис.9):

- Тетрагональный;
- Тригональный;

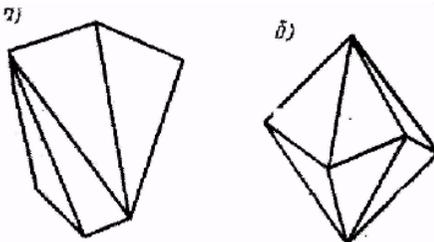


Рис.9. Виды скаленоэдров: а – тетрагональный; б – дитетрагональный.

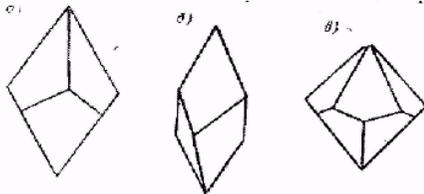


Рис 10. Виды трапецеэдров: а- тетраэдральный; б- тригональный; в- гексагональный.

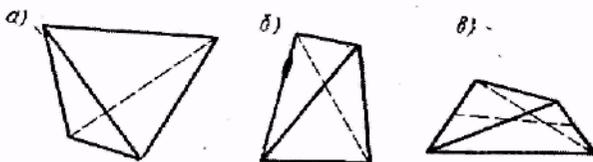


Рис 11. Различные тетраэдры: а- кубический; б- тетрагональный; в- ромбический.

Трапецеэдры (от слова трапеца- стол)- формы, состоящие из непараллельных граней в виде неправильного четырехугольника (рис.10):

- Тетрагональный;
- Тригональный;
- Гексагональный.

Тетраэдры- формы, состоящие из четырех непараллельных граней в виде треугольников (рис 11). Если эти треугольники равносторонние, получается кубический тетраэдр, если они равнобедренные - тетрагональный тетраэдр, а если сечением тетраэдра является ромб - ромбический тетраэдр.

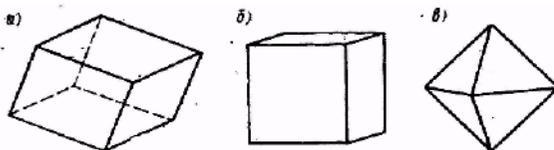


Рис.12. Ромбоэдр (а), куб (б) и октаэдр (в)

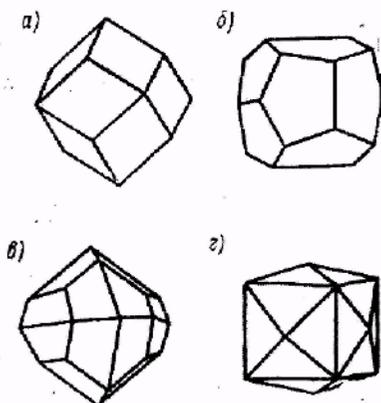


Рис.13. Простые формы кубической сингонии: а – ромбододекаэдр; б – пентагон – додекаэдр; в – дидодекаэдр; г – тетрагексаэдр.

Ромбоэдр - форма, состоящая из шести граней в виде ромба (перекошенный куб, рис. 12, а).

Куб- форма, состоящая из шести квадратов (рис.12, б).

Октаэдр - форма, состоящая из восьми равносторонних треугольнике в, четырех сверху и четырех внизу (рис. 12, в).

Следующие 12 форм относятся также к кубической сингонии. Четыре из них отличаются по форме и числу граней, например:

Ромбододекаэдр - двенадцать граней, каждая из которых имеет вид ромба (рис. 13 ,а).

Пентагон-додекаэдр - двенадцать граней; каждая грань является пятиугольником (рис. 13,б ).

Дидодекаэдр -удвоенный двенадцатигранник(рис.13, в)

Тетрагексаэдр - куб, грани которого разбиты на четыре треугольника (Рис. 13).

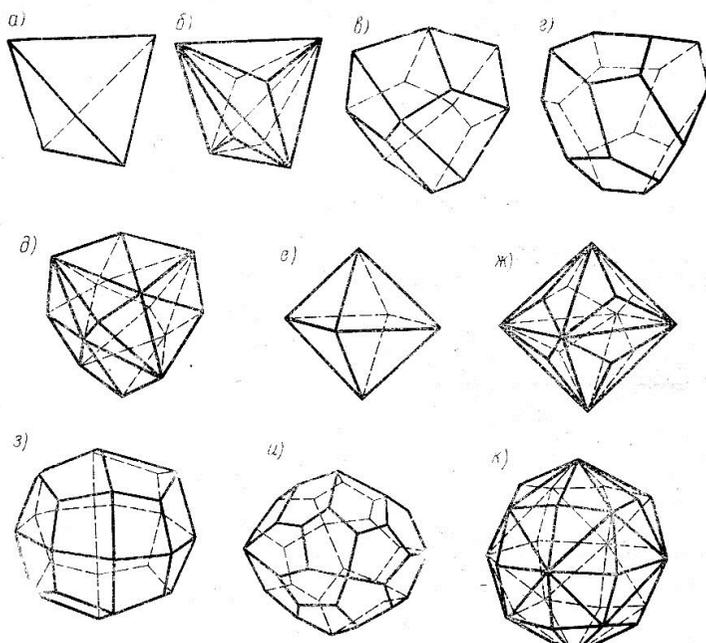


Рис. 14. Формы кубической сингонии, производные от тетраэдра (а) и октаэдра (е).

*б-тригон-тритетраэдр; в-тетрагон-тритетраэдр; г-пентагон-тритетраэдр; д-гексатетраэдр; ж-тригон-триоктаэдр; з-тетрагон-триоктаэдр; и-пентагон-триоктаэдр; к-гексоктаэдр.*

Остальные 8 форм являются производными тетраэдра и октаэдра, грани которых разбиты на три треугольника, четырехугольника или пятиугольника. В первом случае получается тригон-тритетраэдр или тригон-триоктаэдр, во втором - тетрагон-тритетраэдр или тетрагон-триоктаэдр и тд. Последние формы называют гексатетраэдр и гексоктаэдр, потому что их грани разбиты на б треугольников. Таким образом, выделяются следующие простые формы:

Тетраэдр;

Тригон-тритетраэдр;

Тетрагон-тритетраэдр;

Гексатетраэдр;

Октаэдр;

Тригон-триоктаэдр;  
Тетрагон-триоктаэдр;  
Пентагон-триоктаэдр;  
Гексаоктаэдр.

#### **Лабораторная работа №4.**

##### **Искусственное выращивание кристаллов**

Как простейший способ выращивания кристаллов можно рекомендовать следующий. Возьмем несколько граммов квасцов или медного купороса, измельчим в порошок и растворим в воде так чтобы получился пересыщенный раствор (табл. 1). Чтобы сделать раствор пересыщенным, растворение соли следует вести при нагревании. Отфильтрованный раствор помещают в простейший кристаллизатор (стакан с широким дном) и дают остыть. При охлаждении получаем насыщенный и затем пересыщенный раствор. В кристаллизатор опускают на нитке небольшой кристаллик той же соли - затравку (рис.14). Через некоторое время мы увидим на стенках и дне сосуда множество мелких кристалликов, а затравка в размерах и примет ясную огранку.

Нужно всегда иметь в виду, что кристаллизацию ведут из пересыщенных растворов. Сам процесс заключается в том, что в пересыщенных растворах частицы вещества, закономерно соединяясь друг с другом, образуют зародыш, из которого затем развивается кристалл. Чтобы избежать возникновения многих центров кристаллизации, в раствор опускают кристаллик - затравку.

Таблица 1.

Растворимость солей (в граммах на 10 см<sup>3</sup> воды)

Температура °С	Алюмокалиевые квасцы $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	Медный купорос $Cu(SO_4) \cdot 5H_2O$
0	3,9	31,61
10	9,52	36,95
20	15,13	42,31
30	22,01	48,81
40	30,92	56,90

В растворе при интенсивном росте кристалла иногда бывают хорошо заметны характерные струи. Пересыщенный раствор отдает опущенному в него кристаллику часть растворенного вещества, за счет чего кристаллик и растет. Становясь более легкими, эти порции раствора поднимаются вверх, а на их место с боков и снизу поступает более насыщенный раствор. Эти перемещения раствора (струи) называются концентрационными потоками, они сильно влияют на форму растущего кристалла. В нашем случае (рис. 15) кристалл будет расти к низу, так как снизу поступает более насыщенный раствор.

Всю операцию по выращиванию кристаллов надо проводить стерильно, чтобы не загрязнять раствор, так как в этом случае вокруг пылинок образуется множество центров кристаллизации, которые будут мешать росту кристалла.

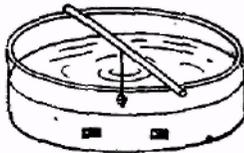


Рис. 14. Кристаллизация с растущими в нем кристаллами

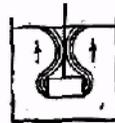


Рис. 15. Концентрационные потоки вокруг растущего кристалла

## Лабораторная работа №5 Осмотр минералогического музея

Минералогический музей - та же библиотека, но с

книгами, написанные самой природой. Музей минералогии технического университета имеет большую историю. В его создании принимали участие многие ученые, сотрудники кафедры, студенты, обучавшиеся в университете. В настоящее время экспозиция музея состоит из шести разделов.

1. Физические свойства минералов.
2. Минералы размещены по типу химического соединения.
3. Минералы размещены согласно геохимической классификации минералов по А.С. Уклонскому.
4. Минералы Узбекистана.
5. Драгоценные и поделочные камни.
6. Искусственные минералы.

Во время ознакомления с музеем все эти разделы осматриваются студентами в вышеуказанном порядке.

В первом разделе "Физические свойства минералов" выставлены в трех витринах с характерными признаками морфологии кристаллов, морфологии агрегатных скоплений, цвета минералов, спайности, прозрачности, блеска и твердости.

Второй раздел. Минералы размещены по типу химического соединения. Раздел является наиболее обширной частью музея. Здесь выставлены в витринах образцы минералов, начиная самородными элементами, сульфидами и т. д., кончая солями кислородных кислот, силикатами и органическими соединениями.

Третий раздел. Минералы размещены согласно геохимической классификации минералов по А.С. Уклонскому. В витринах, они начинаются с минералов кремния. Далее следуют минералы Al, C, N,S,P, B, Cl,Na,K и т.д.

Четвертый раздел. Музея посвящен минералам Узбекистана. Этот раздел составлен из образцов минералов, привнесенных из различных районов Узбекистана.

Пятый раздел размещен в одной витрине и состоит из полированных образцов поделочных и полудрагоценных

минералов.

Шестой раздел музея самый маленький. В нем собраны слитки различных металлов, неметаллов, искусственные кристаллы кварца, корунда, алмаза и др.

### Лабораторная работа №6

#### **Определение минералов по внешним признакам**

Целью этой работы является научить студентов самостоятельно определять физические свойства минералов. Для этого каждый студент должен описывать все физические свойства минерала данного ему образца в следующем порядке.

В начале определяется внешняя форма минералов. При этом надо иметь в виду, что минералы встречаются в виде кристаллов, кристаллических двойников, сростков, зернистых сплошных масс, землистых скоплений и т. д. В этом отношении наибольший интерес представляют кристаллы. По форме кристаллов можно определить сингонию минерала. Но это не всегда удастся сделать. В этом случае нужно определить форму зерен (изометричная, вытянутая, игольчатая, шестоватая, волокнистая, листоватая или чешуйчатая и т.д.)

Чаще минералы встречаются в виде агрегатов. В этом случае нужно выделять друзы, лучистые агрегаты, жилковатые, волокнистые, зернистые агрегаты, скрыто кристаллические массы, натечные и оолитовые формы.

Цвет минерала и цвет черты. Цвет следует наблюдать на свежем изломе, так как на поверхности он может измениться в результате выветривания. Это особенность касается сернистых и мышьяковистых минералов.

Кроме цвета, для диагностики минералов имеет значение цвет порошка, определяемый по цвету черты, оставляемой минералом на фарфоровой неглазурованной пластинке-бисквите.

Различают минералы с металлическим и

неметаллическим блеском. В группе минералов с неметаллическим блеском различают оттенки блесков: полуметаллический или металловидный, алмазный, стеклянный, жирный, шелковистый, перламутровый и др.

Спайность. Спайностью называется способность некоторых минералов раскалываться с образованием плоской зеркальной поверхности по определенным кристаллографическим направлениям. Чтобы хорошо наблюдать спайность, размеры зерен минерала должны быть достаточно хорошо различимы. У минералов скрыто кристаллического строения или образующие землистые массы, спайность увидеть практически невозможно.

Спайность различается по степени ее совершенства (весьма совершенная, совершенная) средняя или ясная, несовершенная, весьма несовершенная). С целью более детальной характеристики принято указывать направление, в котором спайность проходит в кристалле (по кубу, октаэдру, ромбоэдру и т.д.)

Удельный вес. По удельному весу выделяются минералы: легкие-до 2,5;средние-от 2,5 до 4;тяжелые-от 4до 8 и очень тяжелые - более 8.

Различные точные методы определения удельного веса минералов будут рассмотрены в отдельной лабораторной работе.

Грубое определение удельного веса производится взвешиванием на руке (обычно на левой руке). Но для этого надо, чтобы образец был достаточно крупным и состоял в значительной части из испытуемого минерала.

Твердость. Твердость минерала определяется путем, сравнения ее с твердостью минералов шкалы Мооса. Необходимо установить, действительно ли при царапании одного минерала другим на каком-либо из них получается царапина. Если это плохо видно, то след от царапания надо посмотреть через лупу. Для определения твердости порошкового минерала следует минерал шкалы Мооса потереть порошковатым минералом. Если при этом блестящая

поверхность первого минерала покроеется царапинами, то порошокатый минерал тверже эталона.

Кроме этого, можно пользоваться легко доступными предметами, твердость которых известна в цифрах Мооса. Например, ноготь пальца (2,5), медная монетка (3), кусочек оконного стекла (5.5-6), стальной перочинный ножик(5.5-6). Если минерал пишет на бумаге, не царапая- твердость 1.

Магнитность. Минералы с магнитными свойствами проверяются магнитом, или намагниченным железным предметом (мелкие осколки минерала притягиваются), или магнитной стрелкой (крупные осколки действуют на стрелку).

Вкус. Вкусовые ощущения вызывают только растворимые в воде минералы. Проверяя вкус, мы определяем также растворимость минералов в воде.

Определение минералов при помощи внешних признаков в осуществляется по определителю НА. Смольянинова (НА.Смольянинов. Практическое руководство по минералогии. Стр. 229).

### Лабораторная работа №7

#### **Вычисление химической формулы минералов**

Вычисление химической формулы минерала проводится по данным химического анализа.

Для примера выведем формулу барита, содержащего по данным химического анализа: Ва-58,8%, S - 13,7% O - 27,5 %

Описание хода работы: данные числа в % надо разделить на соответственные атомные веса: для Ва- 137, S- 32,0- 16

Тогда для Ва  $58,8:137=0,429$ ; для S  $13,732=0,429$  для O  $27,5:16=1,718$

Полученные эквиваленты относятся друг к другу как простые целые числа:  $0,430,430:1,728=1:1:4$ , т.е. На 1 соединительный вес бария приходится 1 соединительной вес серы 4 соединительных веса кислорода, что соответствует формуле-  $BaSO_4$ -барита.

Если результаты хим. анализа даны в другой форме например: CaO - 32.5 % SO<sub>3</sub> - 46.6% H<sub>2</sub>O - 20.9%. Описание хода работы: Для CaO - 40+16=56, SO<sub>3</sub> - 32+16x3=80, H<sub>2</sub> - 2+16=18 Тогда для CaO 32.556=0.58, SO<sub>3</sub> 46.6:80=0.58, H<sub>2</sub>O 20.9:18=1.11 0,58:0,58:1.11=1:1:2 т.е. CaO x SO<sub>3</sub> x2H<sub>2</sub>O или CaSO<sub>4</sub>x2 H<sub>2</sub>O что отвечает формуле гипса.

### Лабораторная работа №8

#### Определение минералов с помощью паяльной трубки

Для работы с паяльной трубкой пользуются пламенем свечи, спиртовой лампочки или газовой горелки.

В пламени свечи различаются три конуса:

- 1) внутренний, вещество свечи в парообразном состоянии температура (350-380)
- 2) средний – частично сгоревший, недоокисленные продукты восстановительное пламя (400-580)
- 3) наружный, продукты окончательного сгорания и избыток кислорода - окислительное пламя (600-1000)

При помощи паяльной трубки воздух вздувается в пламя свечи.

Можно производить различные испытания минералов с целью диагностики последних.

#### Налеты на угле.

Опыт производится на пластинке плотного угля. Испытуемый минерал помещают в ямку, сделанную на краю пластинкой сильно прокаливают. Сернистые и мышьяковистые дают налеты непосредственно при прокаливании. Другие минералы следует предварительно истереть в порошок с тройным количеством соды.

Минералы для получения налетов на угле:

1. Аурипигмент и реальгар - налет ложится далеко от пробы, серовато - белый, голубоватый, пламя- фиолетовое. Чувствуется чесночный запах.
2. Антимонит- налет плотный, густой, ложится близко от

ямки, получается при этом густой дым.

3. Галенит - налет желто - зеленый, ложится близко от пробы, плотный.

4. Висмутин - близко от пробы - темнооранжевый, далеко от пробы - зеленовато-белый.

5. Сфалерит - близко от пробы, горячий - желтый, холодный - белый.

6. Молибденит - близко от пробы - горячий - бледно - желтый, холодный - белый.

#### Получение королька металла.

Для получения восстановленных металлов (корольков) надо минерал смешать с 3 объемами соды, с 1 объемом угля, смесь увлажнить и замешать зернышко смеси в виде теста, затем положить его в углубление на угле и обрабатывать восстановительным пламенем. Корольки очень хорошо видны у несколько других труднее.

Минералы для получения корольков - галенит, касситерит, халькозин, висмутин, антимонит.

#### Окрашивание пламени

Для получения окрашивания пламени, надо взять асбестовые волокна, сделать из них жгутики, смочить в разбавленной соляной кислоте. Затем намоченным кончиком асбестового жгутика обмануть в заранее приготовленный порошок испытуемого минерала и ввести в пламя паяльной трубки, близко к фитилю. Минералы для окрашивания пламени:

1. Галит - дает интенсивно-желтый цвет пламени

2. Барит - дает желто - зеленый цвет

3. Кальцит - дает оранжево- красный цвет

4. Целестин - дает малиновый цвет

5. Лепидолит - дает карминовый (темно- красный) цвет

6. Сильвин - бледнофиолетовый цвет

#### Плавность минералов

Для определения плавности минералов следует пользоваться наиболее высокой температурой, какую только можно получить с помощью паяльной трубки. Точке наиболее

высокой температуры находится впереди восстановительного конуса. Исследуемый минерал стараются взять в виде возможно тонкого осколка (величиной 3-4 мм), зажимают его в пинцет так, чтобы острый конец выступал из кончиков пинцета, и подвергают воздействию максимальной температуры, Если минерал легкоплавкий, он быстро плавится в шарик, более трудноплавкие лишь слегка округляются без изменения.

Степень плавкости определяется прилагаемой шкалой плавкости.

### Шкала плавкости

1. Антимонит. Легко плавится даже в крупных осколках в обычном пламени свечи.
2. Халькопирит. Сравнительно легко оплавляются в светящемся пламени только мелкие осколки минерала.
3. Алмадин. Осколки обычного размера сплавляются без особого труда перед паяльной трубкой.
4. Актинолит. Тонкие осколки закругляются, острые игольчатые сплавляются в шарик.
5. Ортоклаз. Края осколков обычного размера закругляются с трудом.
6. Бронзит. Осколки минерала только после энергичного и длительного прокаливания слегка оплавляются в самых острых углах.
7. Кварц не плавится со всем.

## Лабораторная работа №9

### **Определение удельного веса минерала**

Удельный вес минерала является одной из главнейших констант минерала и тесно взаимосвязан с другими его особенностями. Определение удельного веса необходимо для диагностики минералов. Из удельных весов минералов слагается величина- плотность пород. Величина удельного веса отражает химический состав представителей изоморфных рядов, служит основой для определения объема

элементарной ячейки и числа заключенных в ней молекул вещества. Удельный вес является основным признаком, по которому разделяются (обогащаются) минералы как природными водными потоками, так и искусственно гравитационными способами. Удельный вес минералов, пород, руд, концентратов учитывается при их транспортировке. Удельный вес минералов, как известно, зависит от их химического состава и закономерностей внутреннего строения.

Примером взаимосвязи между плотностью и структурой минералов могут служить любые полиморфные модификации:

$\alpha$  - кварц- 2,65;  $\beta$ - кварц- 2,51; алмаз- 3,51, графит- 2,23; кальцит-2,71; арагонит-2,95; пирит-5,1; марказит-4,9 и т.д.

При одинаковом химическом составе на удельный вес (плотность) оказывают влияние межатомные расстояния и координационные числа, тип химической связи а при прочих равных условиях взаимное расположение групп атомов или молекул в разных полиморфных модификациях. В зависимости от химического состава минералов удельные веса разнородны. В изоморфных рядах химические элементы с большой атомной массой увеличивают удельный вес, а элементы с большими радиусами ионов уменьшают его.

В ряду альбит- анортит удельный вес изменяется от 2.61 до 2,75 по мере увеличения кальция в составе плагиоклазов. В группе вольфрамита удельный вес увеличивается от гюбнерита (7,25) до ферберита(7,60), в группе оливина у форстерита удельный вес 3.21; у фаялита- 4,14.

#### Плотность или удельный вес и единицы измерения.

Для характеристики удельного веса используется масса или вес, отнесенные к определенному объему.

$$d = \frac{m}{v} \quad \text{или} \quad d = \frac{P}{V}$$

где d - неизвестный удельный вес; m - масса, v - объем,

выраженный в одной системе единиц;  $\rho$  - вес. Вес связан с массой.

При минералогических исследованиях приходится определить удельный вес не только твердых тел (минералов, горных пород), но и жидкостей, поскольку удельный вес (плотность) минералов часто находят методом сравнения с плотностью жидкостей, называемых тяжелыми.

Так как на удельные веса минералов влияют их структурные особенности и вариации химического состава, то выбор метода зависит от указанных факторов.

Наиболее распространенными и точными являются весовые методы.

Объемные методы применимы с помощью разнообразных по конструкции газовых или жидкостных объеметров (волюмометров).

Рентгеновский метод определения удельного веса минералов не требует прямых определений, а сводится к вычислению по формуле, связывающей плотность вещества ( $D$ ) и его молекулярный вес ( $M$ ), объемом элементарной ячейки ( $V$ ) и числом заключенных в ней молекул ( $n$ ).

$nM$

$D = \frac{nM}{NV}$  где  $N$  - число Авогадро ( $6,0258 \cdot 10^{23}$ ).

$NV$

Объем элементарной ячейки вычисляют на основе ее констант. Например, для минералов кубической сингонии  $V = a_0^3$  где  $a_0$  - размеры ребер элементарной ячейки, (см. Э.М. Бронштедт-Куплетская. Определение удельного веса минералов. М. 1951).

Наблюдаемая разница между вычисленным и определенным удельным весом зависит от дефекта в структуре минералов.

В зависимости от поставленных задач перед исследователем выбирается один из методов определения удельных весов минералов.

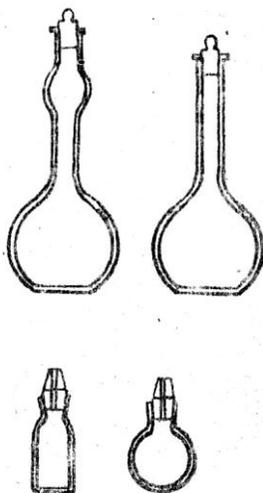
1. Метод гидростатического взвешивания.
2. Метод погружения в тяжелые жидкости.

3. Метод пикнометрический.
4. Метод при помощи объеметров (волюмометров).
5. Метод рентгенометрический.
6. Метод микробюреток.

Описание пикнометрического метода.

Определение удельного веса при помощи пикнометра – самый распространенный для минералогов метод, несмотря на то, что он кропотлив. Он является наиболее точным и доступным, не требующем сложного оборудования.

Пикнометр представляет собой стеклянную колбочку определенного объема. Форма их приведена на рис. № 16.



Подготовка к опыту.

- 1) Пикнометр с пробой взвешивают 5 раз и полученное среднее значение записывают как константу пикнометра (Р). Перед каждым взвешиванием пикнометр промывают и высушивают.
- 2) Для определения емкости пикнометра наливают дистиллированную воду до метки. Пикнометр с водой помещают или в эксикатор, соединенный с насосом Комовского для отсасывания воздуха или пикнометр ставят в стакан для кипячения. В том и другом случае воздух

удаляется быстро. Избыток воды фонтанирует через капилляр пробки. После остывания пикнометра добавляется капля недостающей воды и пикнометр взвешивается 3 раза. Емкость пикнометра( $P_n - P$ ) является второй константой.

3) Минерал подготавливается следующим образом: В ступке или на наковальне минерал разбивают на мелкие осколки примерно одинакового размера (чуть меньше диаметра горлышка пикнометра, осколки должны свободно проходить в горлышко), просеивают через ситечко, чтобы освободиться от пылевых частиц. Перед определением минерал промывают в кислотах), а затем в спирте и просушивают в термостате или при комнатной температуре, в зависимости от отношения минерала к нагреванию.

4) Во взвешенный сухой пикнометр насыпают навеску (примерно 1/3 или 1/4 объема пикнометра) и взвешивают ( $P_n$ ). Насыпать пробу удобно при помощи малой воронки с отрезанной трубкой.

5) В пикнометр добавляют немного (половину объема) дистиллированной воды и помещают в эксикатор с насосом или в стакан с водой для кипячения. Из эксикатора откачивают воздух. После прекращения "кипения" в эксикатор вновь напускают воздух, а прокипяченный пикнометр остужают. Таким образом, вода заполняет все поры, трещины в осколках минералов. Затем в пикнометр добавляется вода до метки вновь производится взвешивание( $P_{нв}$ ).

$P_n - P$

Удельный вес вычисляется по формуле: -----

$(P_n - P) - (P_{нв} - P_n)$

где  $P$  - вес пустого пикнометра,  $P_n$  - вес пикнометра с навеской,  $P_{нв}$  - вес пикнометра с навеской и водой,  $P_n$  - вес пикнометра с водой

При определении удельного веса растворимых в воде минералов (галита, сильвина и др.), нужно пользоваться другими жидкостями (спиртом, бромбензолом и др.), которые

на эти соли действует. При работе очень удобно все записи и расчеты вести однотипно, чтобы в любой момент можно было проверить любую цифру в случае сомнений или обнаружений ошибки. Образец записи приведен в табл.2

Таблица 2

Число, месяц, год		Вычисление удельного веса по формуле
Образец №450	R=5,0381	
Барит	R <sub>B</sub> =6,0168	$= \frac{5,3930-3,081}{(7,8400-5,0381)(7,8400-5,3930)}$
	R <sub>H</sub> =5,3930	
	R <sub>ПВ</sub> =7,8400	

Чтобы быть уверенным в правильности результата, производится 3<sup>x</sup> разовое определение или измерения проводятся параллельно в 3<sup>x</sup> пикнометрах. Точным результатом считается среднее из 3<sup>x</sup> значений.

### Лабораторная работа №10 Детальные методы лабораторных исследований минералов

Во время занятий студенты знакомятся с принципом работы и устройством спектрографа ИСП-28, спектрометра ИСП-51 предназначенного для производства полуколичественного спектрального анализа.

Познакомятся со спектропроектором, который служит для расшифровки спектрограмм.

Затем производится осмотр и знакомство с устройством и принципом работы пирометра Курнакова, который служит для производства термического анализа минералов.

Также во время этого занятия будет осмотрена рентгеновская лаборатория кафедры, которая оснащена

рентгеновскими аппаратами УРС-20 и УРС-002.

## Лабораторная работа №11-19

### Описание минералов

Во время работы студент используя литературный и лекционный материал сделать таблицу описания минералов.

Таблица имеет следующие графы:

1. Название минерала
2. Химическая формула
3. Сингония
4. Твердость
5. Удельный вес
6. Спайность
7. Цвет и цвет черты
8. Блеск
9. Образование
10. Применение
11. Примечание(особые свойства)

При помощи образцов учебной коллекции наблюдаются конкретные физические свойства и морфологические особенности каждого минерала. А по книге изучаются другие возможности формы нахождения минерала в природе.

#### 1. Изучение и описание минералов

Самородные: Золото, серебро, медь, платина, сера, алмаз, графит;

Сульфиды: Халькозин, аргентит, галенит, сфалерит, киноварь, пирротин, халькопирит, аурипигмент, реальгар, антимонит, висмутин, молибденит, пирит, марказит, арсенопирит;

Галогениды: Флюорит, галит, сильвин, карналлит.

Оксиды: Корунд, гематит, ильменит, магнетит, рутил, касситерит, пиролюзит, кварц, диаспор, гетит, лимонит, псиломелан;

Нитраты: Натриевая селитра, калиевая селитра, нашатырь;

Карбонаты: Кальцит, арагонит, магнезит, доломит, сидерит, родохрозит, смитсонит, церуссит, малахит, азурит;

Сульфаты: Барит, целестин, ангидрит, гипс, тенардит, мирабилит, алунит;

Молибдаты, вольфраматы: Вольфрамит, шеелит;

Фосфаты, арсенаты, ванадаты: апатит;

Бораты: Гидрборацит;

Силикаты: Циркон, оливин, топаз, силлиманит, андалузит, дистен, пироп, альмандин, спессартин, гроссуляр, андрадит, уваровит, сфен, берилл, турмалин, авгит, диопсид, геденбергит, сподумен, актинолит, тремолит, роговая обманка, волластонит, родонит, тальк, мусковит, биотит, флогопит, лепидолит, серпентин, каолин, галлу азит, аллофан, монтимориллонит, плагиоклаз, ортоклаз, микроклин, нефелин, лазурит.

## Основная литература

1. Вегман Е.Ф., Руфанов Ю.Г., Федорченко ИИ. "Кристаллография, минералогия, петрография и рентгенография" Металлургия. 1990.
2. Лазаренко Е.К. "Курс минералогии" Изд. Высшая школа. М.: 1963
3. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. Изд. Высшая школа, 1972.
4. Смольянинов Н.А. Практическое руководство по минералогии. 1951
5. Уиттекер Э. Кристаллография Изд. "Мир" 1983.
6. Шафрановский ИИ. Алявдин В.Ф. Краткий курс кристаллографии, Изд. Высшая школа, 1984.

## Оглавление

	Стр.
1. Лабораторная работа №1. Определение элементов симметрии.....	3
2. Лабораторная работа №2. Кристаллографические категории, сингонии, классы.....	5
3. Лабораторная работа №3. Определение простых форм.	
4. Лабораторная работа №4. Искусственное выращивание кристаллов.....	8
5. Лабораторная работа №5. Осмотр минералогического музея.....	14
6. Лабораторная работа №6. Определение минералов по внешним признакам.....	16
7. Лабораторная работа №7. Вычисление химической формулы минералов.....	17
8. Лабораторная работа №8. Определение минералов с помощью паяльной трубки.....	20
9. Лабораторная работа №9. Определение удельного веса минерала.....	20
10. Лабораторная работа №10. Детальные методы лабораторных исследований минералов.....	23
11.Лабораторная работа №11-19. Описание минералов....	28
12. Основная литература.....	28