КРАТКІЙ УЧЕБНИКЪ

КРИСТАЛЛОГРАФІИ.

СОСТАВИЛЪ
П. Землятченскій.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія Е. Евдокимова, Троицкая ул., 18.
1899.

Печатано по распоряженію С.-Петербургскаго Императорскаго Университета. 15 октября 1898 г.

Деканъ А. Совѣтовъ.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

стр.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Издавая Краткій Учебникъ Кристаллографіи, я имѣлъ въ виду главнымъ образомъ своихъ слушателей студентовъ естественниковъ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета. Я хотѣлъ придти къ нимъ на помощь, давъ въ руки книгу, которая могла бы служить для справокъ при практическихъ занятіяхъ и систематическомъ слушаніи лекцій. Я не могъ упускать изъ виду и стоимости учебника; я желалъ сдѣлать его общедоступнымъ по цѣнѣ. Всѣ эти обстоятельства служатъ причиною той краткости и отчасти догматичности, которыми отличается мой учебникъ. Но и при всей сжатости и урѣзкахъ въ рисункахъ, я едва ли могъ бы издать его, если бы Физико-Математическій Факультетъ не оказалъ мнѣ существенной матеріальной поддержки. Съ особеннымъ удовольствіемъ пользуюсь случаемъ, что бы выразить Факультету свою искреннюю признательность.

Проф. П. Земятченскій.

ВВЕДЕНІЕ.

Частицы матеріи, при переходѣ изъ подвижнаго состоянія (жидкаго или газообразнаго) въ неподвижное (твердое), группируясь вмѣстѣ, нерѣдко располагаются такимъ образомъ, что въ результатѣ получается куча матеріальныхъ частицъ—„тѣло", ограниченное ровными плоскостями, то, что называется многогранникомъ или поліэдромъ. Такимъ природнымъ многогранникамъ, происшедшимъ отъ извѣстнаго закономѣрнаго расположенія матеріальныхъ частицъ, издавна присвоено названіе „кристалла".

Какъ увидимъ ниже, кристаллы обладаютъ весьма многими замѣчательными физическими особенностями, рѣзко отличающими ихъ отъ многогранниковъ искусственныхъ, хотя бы послѣдніе въ геометрическомъ отношеніи были совершенно тождественны съ ними.

Слово кристаллъ происходитъ отъ греческаго κρυσταλλος, которымъ во времена Гомера обозначали ледъ; позднѣе, во время Платона, это слово перенесено было на минералъ, весьма часто встрѣчающійся въ природѣ въ видѣ шестисторонныхъ призмъ съ шестисторонней пирамидой на концѣ, безцвѣтный и совершенно прозрачный, подобно льду, и имѣющій химическій составъ SiO_2; отъ слова κρυσταλλος произошло и русское названіе этого минерала „горный хрусталь"

Постепенно слову „кристаллъ“ придавалось болѣе и болѣе широкое значеніе, пока, наконецъ, оно не было распространено на всѣ тѣла, обладающія свойствами, общими съ горнымъ хрусталемъ.

Такъ какъ кристаллъ образуется вслѣдствіе извѣстнаго расположенія частицъ, зависящаго отъ ихъ взаимныхъ притяженій, то очевидно, внутреннее строеніе его должно находиться въ нѣкоторомъ опредѣленномъ соотношеніи съ внѣшнею формою.

Изученіе различныхъ физическихъ свойствъ кристалла показываетъ, что каждый кусочекъ, каждая его точка обладаетъ совершенно тѣми же свойствами, какъ и всякая другая точка того же кристалла. Это свойство называется гомогенностью (однородностью). Съ другой стороны, говоря вообще, свойства кристалла, при его гомогенности, распредѣляются въ немъ неодинаково по различнымъ направленіямъ, оставаясь неизмѣнными по всѣмъ направленіямъ, параллельнымъ другъ другу. Такое строеніе называется анизотропнымъ. Каждая точка кристалла представляетъ въ этомъ отношеніи совершеннѣйшую копію сосѣднихъ.

Для примѣра возьмемъ кристаллъ каменной соли, имѣющій форму куба. Кристаллъ этого вещества обладаетъ способностью раскалываться по тремъ взаимно-перпендикулярнымъ направленіямъ (соотвѣтственно гранямъ куба). Какую бы точку въ кристаллѣ мы ни взяли, эта способность проявится въ одинаковой степени. Во всѣхъ точкахъ кристалла направленія плоскостей спайности будутъ идти по тремъ взаимно перпендикулярнымъ направленіямъ, и каждое изъ этихъ направленій будетъ идти параллельно такимъ же направленіямъ во всѣхъ другихъ точкахъ кристалла.

Испытывая кристаллъ того же вещества по отношенію къ разрыву, найдемъ, что легче всего разрывъ происходитъ по направленіямъ, перпендикулярнымъ къ гранямъ куба, труднѣе — по направленіямъ, соединяющимъ противоположные трехгранные углы его, и еще труднѣе—по линіямъ, соединяющимъ средины противоположныхъ реберъ. Если, напримѣръ, грузъ въ одинъ килограмъ способенъ разорвать призму каменной соли перпендикулярно къ грани куба, то въ направленіи второмъ потребуется грузъ въ 2 килограмма, а въ третьемъ—2,6 килограмма. Изъ какого бы мѣста въ кристаллѣ каменной соли мы ни вырѣзали означенныя призмы, всегда получилось бы то же самое отношеніе грузовъ, необходимыхъ для разрыва ихъ по указаннымъ направленіямъ. Въ каждомъ кусочкѣ ея направленія наибольшаго сопротивленія разрыву идутъ параллельно тѣмъ же направленіямъ во всѣхъ сосѣднихъ. Въ этомъ и состоитъ однородность или гомогенность кристалла.

На этомъ же примѣрѣ мы видимъ, сверхъ того, что одно и то же свойство измѣняется количественно вмѣстѣ съ измѣненіемъ направленія, т. е. что кристаллы каменной соли, при однородности, анизотропны. Необходимо замѣтить, что анизотропность въ различныхъ веществахъ можетъ относиться не ко всѣмъ свойствамъ кристалла; такъ, кристаллы каменной соли по отношенію къ свѣтовымъ явленіямъ не обнаруживаютъ анизотропности.

Итакъ кристаллъ есть твердое однородное анизотропное тѣло, имѣющее природную форму многогранника[1]).

Анизотропность отличаетъ кристаллическое состояніе твердаго тѣла отъ аморфнаго, при которомъ также возможна гомогенность (однородность), напримѣръ въ стеклѣ. Но здѣсь всѣ свойства остаются безъ измѣненія, какое бы направленіе мы ни взяли. Такое строеніе тѣлъ называется

---

[1]) Нѣкоторые изслѣдователи не считаютъ форму существеннымъ признакомъ „кристалла“, оставляя для него только гомогенность и анизотропность.

изотропнымъ. Итакъ аморфное тѣло гомогенно и изотропно.

Чтобы яснѣе понять эту разницу, лежащую въ основанiи всей кристаллографiи, возьмемъ слѣдующiй грубый примѣръ.

Разсмотримъ стопу бѣлой бумаги, листы которой всѣ одинаковы между собою. Мы можемъ разсматривать ее какъ одно гомогенное (однородное) цѣлое, потому что природа и расположенiе составляющихъ ее листовъ вездѣ однѣ и тѣ-же. Однако эта стопа бумаги имѣетъ не одинаковую структуру въ горизонтальномъ и вертикальномъ направленiяхъ. Въ то время какъ она легко раздѣлится по направленiю горизонтальной плоскости параллельно листамъ, въ направленiи перпендикулярномъ потребуется для этого огромное усилiе. Такимъ образомъ стопа бумаги будетъ представлять тѣло гомогенное и анизотропное.

Во всякомъ однородномъ кристаллическомъ тѣлѣ расположенiе кристаллическихъ молекулъ въ пространствѣ около каждой изъ нихъ таково же, какъ и около всякой другой. Подобное расположенiе частицъ называютъ правильнымъ. Итакъ можно сказать: кристаллъ есть однородное анизотропное твердое тѣло съ правильною молекулярною структурой.

Тѣло принявшее видъ кристалла, условимся называть окристаллованнымъ. Если же тѣло не имѣетъ формы многогранника, но внутреннее его строенiе соотвѣтствуетъ внутреннему строенiю кристалла, то назовемъ его кристаллизованнымъ или кристаллическимъ индивидуумомъ. Такимъ образомъ, кристаллъ есть тоже индивидуумъ, принявшiй форму многогранника.

Каждый кристаллъ можетъ быть изучаемъ съ различныхъ сторонъ, въ зависимости отъ различныхъ его свойствъ. Можно изучать одинъ внѣшнiй видъ его, какъ полiэдра т. е.

находить извѣстныя математическія соотношенія и законности между его элементами; или же заняться выясненіемъ его различныхъ физическихъ свойствъ; или же, наконецъ, изслѣдовать его химическія особенности. Общая совокупность всѣхъ знаній о кристаллѣ составляетъ одну науку, которую называютъ кристаллологіей. Она можетъ быть названа наукой о твердомъ состояніи матеріи вообще.

Въ зависимости отъ различія свойствъ кристалла, о которыхъ сказано выше, кристаллологія распадается на три отдѣльныя отрасли:

1) Математическая кристаллографія или просто кристаллографія.

2) Кристалло-физика или физическая кристаллографія.

3) Кристалло-химія или химическая кристаллографія.

Математическая кристаллографія занимается изученіемъ кристалловъ, какъ геометрическихъ многогранниковъ (поліэдровъ). Стало быть, ея задачи сводятся къ выясненію математическихъ законностей, правильностей, взаимныхъ соотношеній между элементами ограненія, однимъ словомъ того, что составляетъ симметрію кристалла; отсюда, говоря кратко, „геометрическая кристаллографія есть ученіе о симметріи матеріальнаго пространства“.

Физическая кристаллографія изучаетъ внутреннее строеніе кристаллическихъ тѣлъ и зависящія отъ него различныя физическія свойства—сцѣпленіе, явленія свѣтовыя, тепловыя и пр.

Химическая кристаллографія обнимаетъ собою различнаго рода химическія явленія, относящіяся къ кристалламъ, — составъ ихъ, условія образованія и пр.

Симметрія кристалловъ.

Итакъ, съ точки зрѣнія математической кристаллографіи, кристаллъ есть многогранникъ (поліэдръ). Поэтому для изученія его въ кристаллографіи примѣняются тѣ же пріемы и средства, какими вообще пользуется геометрія.

Такъ, въ кристаллѣ различаются слѣдующія части: плоскости или грани, ребра (линіи пересѣченія двухъ сосѣднихъ граней) и углы: плоскіе, плоскостные и тѣлесные. Форма, число, распредѣленіе этихъ элементовъ весьма разнообразно, но для кристалловъ нѣкоторые виды граней являются очень характерными и нерѣдко обусловливаютъ собою названіе многогранника. Къ числу такихъ граней принадлежатъ:

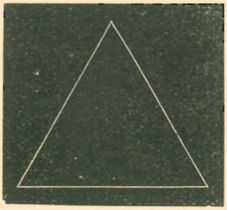

Рис. 1.

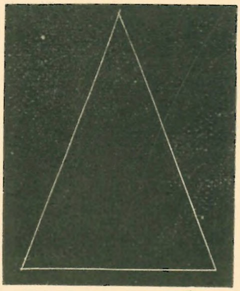

Рис. 2.

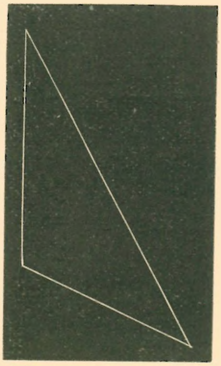

Рис. 3.

Тригонъ или равносторонній треугольникъ (рис. 1).

Дельта или равнобедренный треугольникъ (рис. 2).

Скалена или неравносторонній треугольникъ (рис. 3).

Тетрагонъ или квадратъ (рис. 4).

Прямоугольникъ (рис. 5).

Ромбъ (рис. 6).

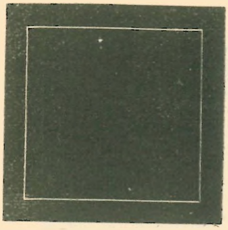

Рис. 4.

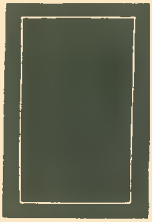

Рис. 5.

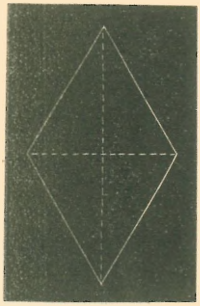

Рис. 6.

Ромбоидъ (рис. 7) есть косоугольный, неравносторонній параллелограмъ.

Трапецоидъ есть клинограмъ, не имѣющій параллельныхъ сторонъ.

Симметрическій трапецоидъ или дельтоидъ

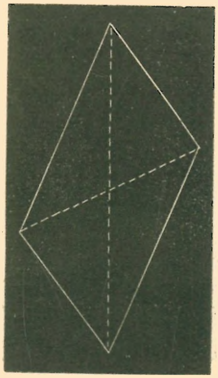

Рис. 7.

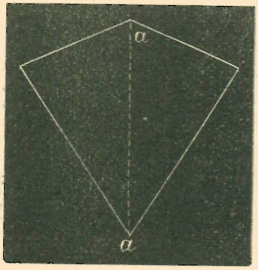

Рис. 8.

(рис. 8) есть трапецоидъ, который одною изъ діагоналей (на рис. аа) раздѣляется на два равныхъ, и при томъ по ту и другую сторону этой діагонали одинаково расположенныхъ треугольниковъ.

Равнобедренный трапецоидъ (рис. 9 и 10) есть трапецоидъ, котораго двѣ рядомъ лежащія стороны (ab) равны между собою.

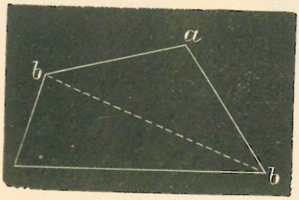

Рис. 9

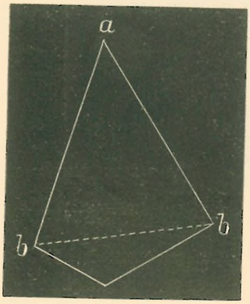

Рис. 10.

Равнобедренная трапеція (рис. 11) есть трапеція, которой двѣ рядомъ лежащія стороны (ab и ab) равны между собою.

Симметрическій пентагонъ (рис. 12) есть пятиугольникъ, имѣющій четыре равныя стороны и двѣ пары

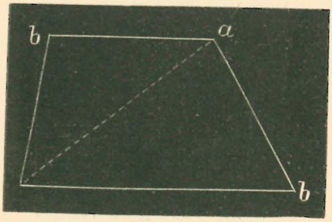

Рис. 11.

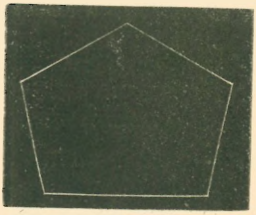

Рис. 12.

равныхъ угловъ. Сторона, единственная въ своемъ родѣ, называется основною линіею.

Гексагонъ, или правильный шестиугольникъ (рис. 13).

Дитригонъ (рис. 14) шестиугольникъ, котораго всѣ стороны равны, но углы только поперемѣнно равны.

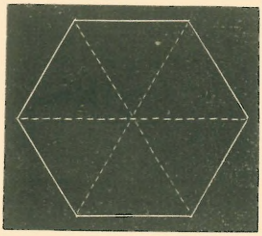

Рис. 13.

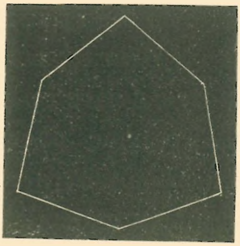

Рис. 14.

Дитетрагонъ (рис. 15) есть восьмиугольникъ, котораго всѣ стороны равны, но углы только поперемѣнно равны.

Дигексагонъ (рис. 16) есть двѣнадцатиугольникъ, котораго всѣ стороны равны, но углы поперемѣнно равны.

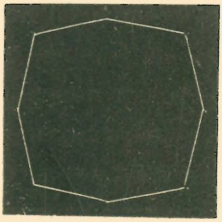

Рис. 15.

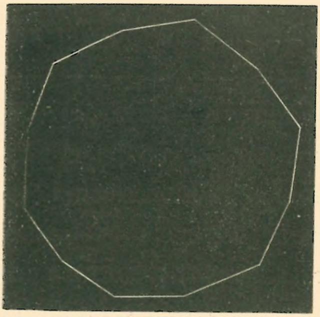

Рис. 16.

Всѣ поліэдры, не смотря на свое безконечное разнообразіе, могутъ быть раздѣлены на двѣ главныя группы: 1) въ однихъ не замѣчается никакой правильной повторяемости элементовъ: каждая грань, каждое ребро, каждый уголъ присутствуютъ въ единственномъ числѣ; 2) въ другихъ же напротивъ, такая повторяемость существуетъ, и притомъ въ различной степени.

Правильное расположеніе точекъ въ пространствѣ, выражающееся въ законной повторяемости ихъ свойствъ, называется симметріей. Такимъ образомъ, всѣ поліэдры могутъ быть, названы A) ассимметричными, другіе—B) симметричными.

Симметричное расположеніе частей въ фигурахъ и поліэдрахъ выражается въ двухъ ихъ свойствахъ: симметричныя тѣла или способны къ совмѣщеніямъ при поворотѣ вокругъ нѣкоторой линіи, или же различныя части ихъ являются зеркальнымъ изображеніемъ другихъ.

Правильность расположенія элементовъ поліэдра и вообще точекъ въ пространствѣ выражается по отношенію a) къ какой либо точкѣ, b) къ какой либо линіи и, наконецъ, c) къ какой либо плоскости. Эти: точка, линіи и плоскости называются элементами симметріи: a)—центръ симметріи, b)—ось симметріи и c)—плоскость симметріи.

Элементы симметріи характеризуются слѣдующими свойствами:

a) центръ симметріи (обозначимъ его буквою C) лежитъ въ срединѣ поліэдра и дѣлитъ пополамъ всѣ линіи, соединяющія гомологическія (равнозначныя) точки поверхности поліэдра. Отсюда очевидно, что всякая линія, проведенная изъ центра симметріи на какую-нибудь точку поверхности поліэдра, встрѣтитъ по своемъ продолженіи по другую сторону центра на такомъ же разстояніи такую же (гомологическую) точку. Для простоты возьмемъ вмѣсто многогранника фигуру MN на плоскости (см. рис. 17). Очевидно, въ данной фигурѣ точка C будетъ центромъ симметріи, такъ какъ всякая прямая, проведенная изъ нея на любую точку сторонъ фигуры, встрѣтитъ на своихъ концахъ гомологическія точки (a a, и b b), и въ точкѣ C раздѣлится пополамъ.

Очевидно также, что многогранники (поліэдры) съ центромъ симметріи имѣютъ для каждой грани и ребра другія имъ параллельныя, такъ какъ опустивъ, напримѣръ, на любую грань перпендикуляръ изъ центра симметріи, мы должны встрѣтить по другую сторону центра на такомъ же разстояніи такую же къ данной линіи перпендикулярную грань, т. е. параллельную первой.

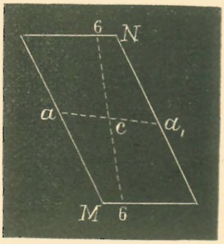

Рис. 17.

Ось симметріи есть прямая, около которой можно повернуть фигуру на нѣкоторый уголъ такъ, чтобы всѣ точки поверхности поліэдра въ новомъ положеніи совершенно совпадали съ точками его прежняго положенія или, какъ говорятъ кратко, чтобы фигура совмѣстилась сама съ собою.

Величина угла, на который нужно повернуть фигуру до перваго ея совмѣщенія, можетъ быть весьма различна, но всегда составляетъ цѣлую часть окружности.

Число совмѣщеній при полномъ поворотѣ фигуры вокругъ оси симметріи называется ея порядкомъ или просто служитъ ей наименованіемъ; такъ напримѣръ, если фигура при полномъ поворотѣ вокругъ оси совмѣщается два раза, то послѣдняя называется осью второго порядка или двойною (дигональною осью); если совмѣщеніе происходитъ три раза, ось будетъ третьяго порядка или тройная (тригональная); вообще если число совмѣщеній будетъ n, то ось будетъ n-аго порядка или n-ная. Для простоты и удобства ось симметріи вообще обозначаютъ буквою L; ея же порядокъ или наименованіе ставитсяв въ видѣ показателя при L; стало быть L^n будетъ ось симметріи n-наго порядка.

Очевидно, чтобы найти порядокъ или наименованіе оси симметріи, надо окружность раздѣлить на уголъ поворота, при которомъ происходитъ первое совмѣщеніе; напримѣръ, если уголъ этотъ равенъ 180°, то наменованіе или порядокъ оси симметріи будетъ $\frac{360}{180}=2$, т. е. ось будетъ второго порядка (L^2). Если поворотъ до совмѣщенія будетъ 90°, то порядокъ оси симметріи будетъ $\frac{360}{90}=4$, т. е. ось будетъ четвертаго порядка или четверная (L^4) и т. д. Поворачивая прямоугольный параллелограмъ (рис. 5) вокругъ линіи перпендикулярной къ плоскости чертежа и проходящей чрезъ центръ фигуры, мы получимъ первое совмѣщеніе при поворотѣ на 180°, и второе—когда фигура займетъ прежнее положеніе, тоже на 180°, стало быть данная ось будетъ двойная. Тоже самое число совмѣщеній представляютъ фигуры 6 и 7. Поступая подобнымъ же образомъ съ равностороннимъ треугольникомъ (тригономъ, фиг. 1), получимъ три совмѣщенія, при каждомъ поворотѣ на 120°; стало быть здѣсь будемъ имѣть ось наименованія три (L^3) или ось третьяго порядка, или тройную (тригональную) ось. Тройною осью обладаетъ также фигура 14. У фигуръ 4 и 15 имѣется четвертая ось (L^4); у 13 и 16 шестерная (L^6) у 9, 10, 11 и 12) нѣтъ осей симметріи. Въ многогранникахъ можетъ быть или одна ось симметріи или нѣсколько, притомъ онѣ принадлежатъ или одному порядку или чаще—различнымъ.

Плоскостью симметріи называется такая воображаемая плоскость, которая дѣлитъ поліэдръ на двѣ равныя и симметричныя части, вслѣдствіе чего одна половина поліэдра является зеркальнымъ изображеніемъ другой; зеркаломъ служитъ плоскость симметріи. Обозначеніе плоскости симметріи: P. Плоскостей симметріи въ поліэдрахъ можетъ быть различное число.

Если разсмотрѣть предъидущія фигуры съ этой стороны, то легко видѣть, что фигура 1 обладаетъ тремя плоскостями симметріи, фигура 2 — одной, 4 четырьмя и т. д.

Каждый элементъ симметріи обусловливаетъ нѣкоторое число возможныхъ совмѣщеній, вся совокупность которыхъ называется степенью или величиною симметріи. Всѣ возможные виды симметріи есть ничто иное, какъ возможныя комбинаціи элементовъ симметріи.

Огромное разнообразіе видовъ симметріи геометрическихъ поліэдровъ значительно сокращается въ кристаллахъ какъ такихъ поліэдрахъ, у которыхъ наружная геометрическая форма является функціей отъ ихъ внутренняго строенія, отъ извѣстнаго закономѣрнаго расположенія матеріальныхъ частицъ.

Въ кристаллахъ возможны только тѣ виды симметріи, которые не противорѣчатъ основному закону кристаллообразованія. Этотъ законъ извѣстенъ подъ именами: закона зонъ, раціональности индексовъ, закона Гаусса, наконецъ, закона однороднаго (гомогеннаго) распредѣленія матеріи. Всѣ они равнозначны; въ каждомъ содержатся всѣ остальные. Этотъ законъ не только эмпирическій, но можетъ быть выведенъ и аналитически.

Способы опредѣленія и обозначенія граней и формъ.

Чтобы проще связать грани кристалла математически, чтобы удобнѣе выразить взаимныя соотношенія плоскостей его, прибѣгаютъ къ общимъ пріемамъ аналитической геометріи, примѣняясь въ то же время къ особенностямъ природныхъ многогранниковъ-кристалловъ. Для опредѣленія положенія плоскости въ пространствѣ и ея обозначенія, въ аналитической геометріи пользуются такъ называемыми координатными осями — линіями, пересѣкающимися въ одной точкѣ и не лежащими въ одной плоскости. Такія линіи образуютъ систему координатныхъ осей. Въ простѣйшемъ случаѣ берутъ три координатныя оси, которыя могутъ пересѣкаться или подъ различными углами, или же образовать прямой уголъ (прямоугольная система координатъ). Точка пересѣченія этихъ осей называется началомъ координатъ.

Обыкновенно принято координатныя оси располагать опредѣленнымъ образомъ относительно наблюдателя, именно ось X направляется прямо къ наблюдателю, ось Y къ нему параллельно, а ось Z ставится вертикально.

Теперь представимъ какую нибудь плоскость ABCD; проводимъ систему координатъ X, Y, Z (рис. 18).

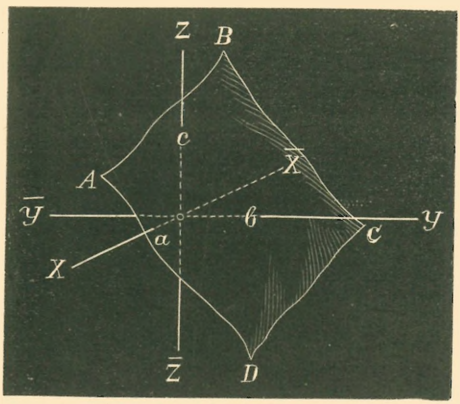

Рис. 18.

Данная плоскость, послѣ своего продолженія, или же непосредственно отсѣкаетъ на нихъ части oa, ob и oc.

Этимъ вполнѣ опредѣляется положеніе взятой плоскости. Отрѣзки координатныхъ осей oa, ob oc называется параметрами плоскости. Тоже самое будетъ, если мы возьмемъ не прямоугольныя координатныя оси, а косоугольныя; въ послѣднемъ случаѣ, очевидно, необходимо указать уголъ координатныхъ осей.

Возьмемъ плоскость, параметры которой пусть будутъ oa: ob: oc или просто: a: b: c (рис. 19). Передвинемъ ее параллельно самой себѣ; очевидно, если одинъ параметръ ея увеличится (или уменьшится) во сколько-нибудь разъ, то во столько же разъ увеличатся (или уменьшатся) и другіе параметры. Такимъ образомъ, если параметръ, напримѣръ b, увеличился въ m разъ, то во столько же разъ увеличиваются параметры a и c. Стало быть, параметры новой плоскости могутъ быть выражены ma: mb: mc. Это вытекало само собою изъ отношенія a: b: c, ибо отношеніе не измѣнится, если члены его умножить или раздѣлить на одно и то же число. Отсюда очевидно, что параметры плоскости abc могутъ быть видоизмѣнены $a:b:c = \frac{a}{b}:1:\frac{c}{b} = \frac{a}{c}:\frac{b}{c}:1 = \frac{a}{m}:\frac{b}{m}:\frac{c}{m}$ и т. д. Всѣ эти видоизмѣненія будутъ соотвѣтствовать параллельному перемѣщенію данной плоскости.

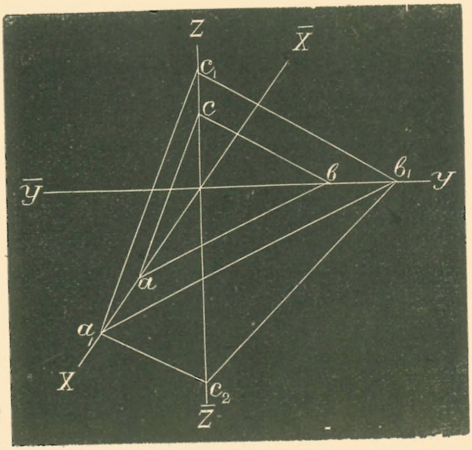

Рис. 19.

Если разсматривать положеніе плоскости не вообще въ пространствѣ, а въ опредѣленномъ тѣлѣ—многогранникѣ, проводя координатныя оси внутри него, то окажется, что одни числовыя отношенія параметровъ плоскости не совсѣмъ точно указываютъ ея положеніе; необходимо указать также, по какую сторону начала координатъ данная плоскость располагается. Можетъ существовать восемь плоскостей, имѣющихъ однѣ и тѣ же параметры. Такъ, напримѣръ, кромѣ плоскости abc съ параметрами oa, ob и oc, можетъ находиться плоскость съ параметрами oa_1, ob_1, oc_2 и т. д.

Легко можно будетъ отличить эти плоскости одну отъ другой, если прибѣгнуть къ отрицательному знаку. Будемъ называть отрѣзки координатныхъ осей, идущіе вверхъ, впередъ и направо положительными +, который обыковенно не пишется, а направляющіеся внизъ, влѣво и назадъ отрицательными и обозначать —, который ставится надъ параметромъ. Такимъ образомъ, указанныя выше восемь плоскостей будутъ обозначаться:

$$oa : ob : oc$$
$$oa : ob : \overline{oc}$$
$$oa : \overline{ob} : oc$$
$$\overline{oa} : ob : oc$$
$$\overline{oa} : \overline{ob} : oc$$
$$oa : \overline{ob} : \overline{oc}$$
$$\overline{oa} : ob : \overline{oc}$$
$$\overline{oa} : \overline{ob} : \overline{oc}$$

Совокупность всѣхъ возможныхъ плоскостей съ одинаковыми численными значеніями параметровъ (и одинаковыми физическими свойствами) образуетъ простую форму. Для обозначенія такой формы Вейсъ предложилъ пользоваться параметрами отдѣльной плоскости, заключивъ ихъ въ рамки или скобки; такъ $\boxed{a : b : c}$ или $(a : b : c)$ будетъ обозначать простую форму, у которой параметры граней относятся, какъ $a : b : c$.

Способъ Вейса даетъ возможность не только обозначить всю форму, но и каждую плоскость отдѣльно; однако это обозначеніе не совсѣмъ удобно по своей громоздскости, поэтому предлагались иные пріемы, представлявшіе видоизмѣненіе способа Вейса. Особенною популярностью до послѣдняго времени пользовался способъ Науманна, но теперь его замѣнилъ такъ называемый миллеровскій способъ, предложенный впервые Уевеллемъ и усовершенствованный Миллеромъ.

Способъ обозначенія Миллера основывается на слѣдующихъ соображеніяхъ: Если мы возьмемъ какую-нибудь плоскость съ параметрами $a : b : c$, то всякую другую произвольно взятую плоскость мы можетъ выразить такими параметрами, которые будутъ представлять нѣкоторыя части соотвѣтствующихъ параметровъ первой, т. е. ея параметры могутъ быть выражены какъ $\frac{a}{h} : \frac{b}{k} : \frac{c}{l}$. Такъ какъ a, b и c остаются неизмѣнными, то, очевидно, ихъ можно всегда подразумѣвать, а указывать только одни знаменатели: h, k, l. Эти знаменатели называются индексами ихъ пишутъ рядомъ безъ всякихъ знаковъ: h k l. Если хотятъ обозначить плоскость многогранника съ подобнаго рода индексами, то заключаютъ ихъ въ скобки (h k l) и называютъ символомъ плоскости; для обозначенія же всей формы индексы заключаютъ въ другія скобки {h k l}. Принято буквѣ h придавать наибольшее числовое значеніе, k—среднее, и l—наименьшее; стало быть $h > k > l$. Эти индексы могутъ относиться къ каждой координатной оси.

Какъ для параметровъ мы имѣемъ восемь возможныхъ положеній плоскости, соотвѣтствующихъ восьми октантамъ, такъ, очевидно, то же самое имѣетъ мѣсто и для индексовъ; здѣсь мы получимъ слѣдующіе символы для плоскостей съ индексами h k l въ зависимости отъ октанта $(h\,k\,l)$, $(\bar{h}\,k\,l)$, $(h\,\bar{k}\,l)$, $(h\,k\,\bar{l})$, $(\bar{h}\,\bar{k}\,l)$, $(h\,\bar{k}\,\bar{l})$, $(\bar{h}\,k\,\bar{l})$ и $(\bar{h}\,\bar{k}\,\bar{l})$.

Порядокъ слѣдованія одного индекса за другимъ всегда соотвѣтствуетъ порядку слѣдованія координатныхъ осей X, Y и Z; поэтому, напримѣръ, символъ (h k l) относится къ плоскости, которая лежитъ въ верхнемъ, правомъ и переднемъ октантѣ и имѣетъ по оси X отрѣзокъ (часть параметра, принятаго за единицу) наименьшій,

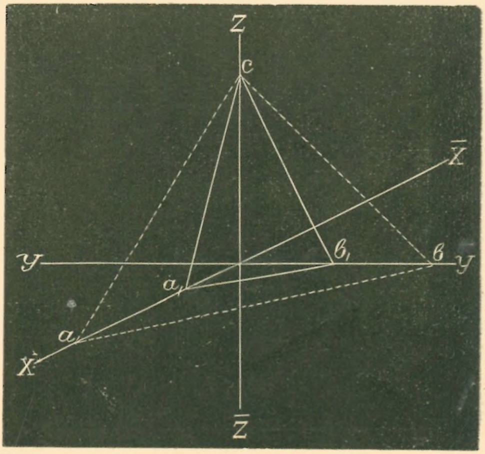

Рис. 20 $\begin{Bmatrix} h & k & l \\ 3 & 2 & 1 \end{Bmatrix}$.

такъ какъ по условію индексъ h имѣетъ наибольшее численное значеніе; по оси Y отрѣзокъ среднiй (индексъ тоже средній) и по оси Z—отрѣзокъ наибольшій индексъ C наименьшій). Рис. 20.

Если, напримѣръ, индексы располагаются въ такомъ порядкѣ k h l рис. 21, то это будетъ относиться къ плоскости лежащей въ томъ же октантѣ, какъ и первая, но съ отрѣзками: среднимъ по оси X, наименьшимъ по Y и наибольшимъ по оси Z.

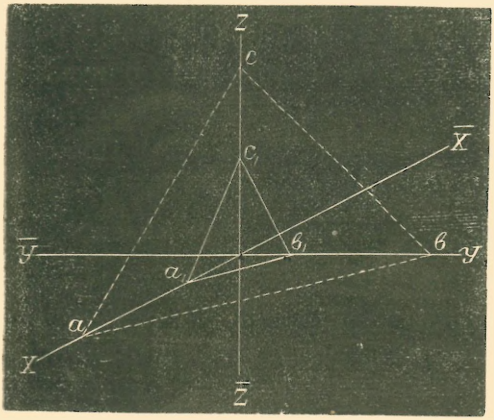

Рис. 21 $\begin{Bmatrix} k & h & l \\ 3 & 4 & 2 \end{Bmatrix}$.

Символъ (l k h) означаетъ плоскость, лежащую въ томъ же октантѣ, у которой наибольшій отрѣзокъ относится къ оси X, наименьшій къ Z и средній къ Y. Рис. 22.

Природные многогранники (кристаллы), ограниченные одинаковыми плоскостями (т. е. такими, которыхъ параметры, а слѣдовательно и индексы, представляютъ одинаковыя численныя значенія, и которыя имѣютъ одинаковыя физическія свойства) представляютъ формы простыя, въ противномъ же случаѣ ихъ называютъ

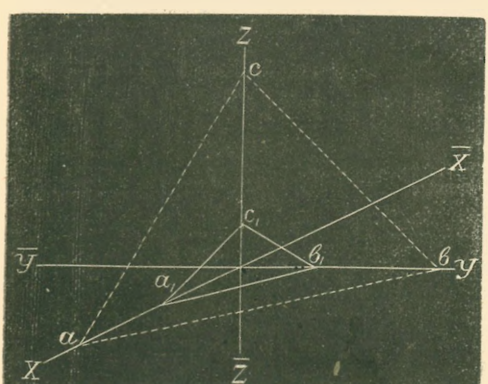

Рис. 22 $\begin{Bmatrix} l & k & h \\ 2 & 3 & 5 \end{Bmatrix}$.

комбинаціонными или просто комбинаціями. Для примѣра укажемъ на рис. 24 и 25; изъ нихъ 25-й представляетъ простую форму (кубъ), а 26-й комбинацію двухъ простыхъ формъ (куба и октаэдра).

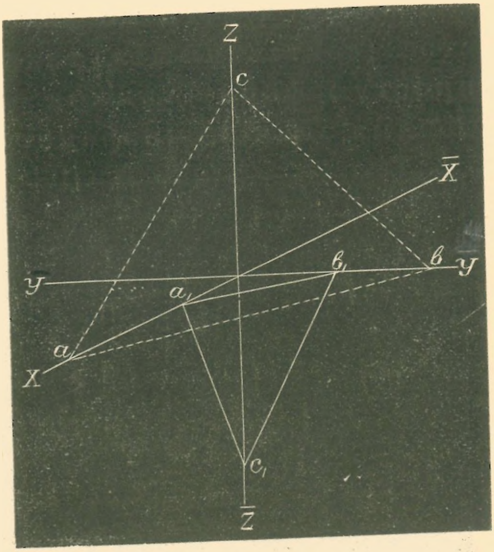

Рис. 23 $\left\{\begin{matrix} h & k & \bar{l} \\ 3 & 2 & \bar{1} \end{matrix}\right\}$.

Какимъ же образомъ надо проводить координатныя оси въ кристаллѣ?

Какъ уже было указано выше, для опредѣленія характера многогранника-кристалла и выясненія различнаго рода соотношеній между элементами ограниченія, пользуются системами координатныхъ осей, относительно которыхъ и опредѣляются различные элементы кристалла.

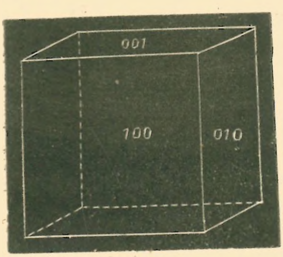

Рис. 24.

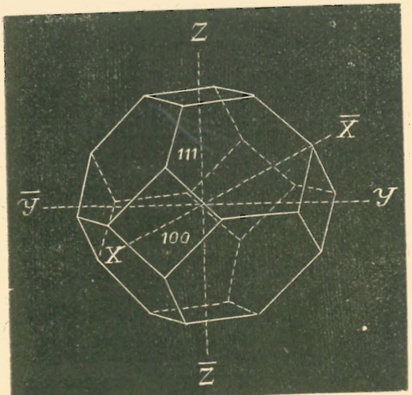

Рис. 25.

Въ кристаллахъ координатныя оси проводятъ такимъ образомъ, чтобы плоскости, имѣющія одинъ и тотъ же видъ и физическія свойства (составляющія, такимъ образомъ, одну простую форму), имѣли бы одни и тѣ же численныя значенія параметровъ, а слѣдовательно и индексовъ.

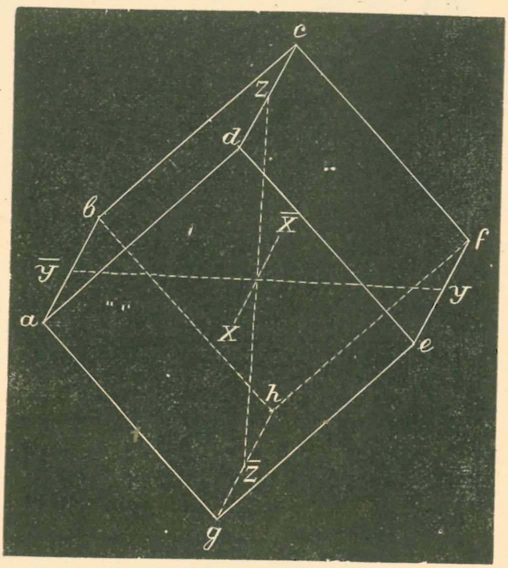

Рис. 26.

Возьмемъ одинъ изъ самыхъ простыхъ многогранниковъ — кубъ. Въ немъ можно провести какъ угодно координатныя оси, пересѣкающіяся подъ прямымъ угломъ; отъ ихъ положенія будутъ зависѣть параметры каждой плоскости куба. Проведемъ, напримѣръ, три прямоугольныя координатныя оси такимъ образомъ: (рис. 26) ось ZZ пройдетъ чрезъ средины реберъ dc и gh, ось YY чрезъ средины такихъ же реберъ куба ab и ef; ось $X\overline{X}$ чрезъ средины параллельныхъ граней adeg и bcfh, тогда символы граней будутъ: для abcd $(0\bar{1}1)$, для dcef (011), для abgh $(0\bar{1}\bar{1})$, для efgh—$(01\bar{1})$; для adeg (100), для bcfh $(\bar{1}00)$; т. е. при такой постановкѣ координатныхъ осей плоскости куба будутъ имѣть различные индексы: у четырехъ граней численныя значенія индексовъ будутъ одни, а у двухъ граней—другія, тогда какъ всѣ плоскости куба совершенно тождественны. Если провести координатныя оси чрезъ средины параллельныхъ граней, (рис. 27), то получимъ: для плоскости abcd (001),—для dcef (010),—для abgh $(0\bar{1}0)$,—для efgh $(00\bar{1})$, для adeg—(100), для bcfh;—$(\bar{1}00)$—т. е. всѣ плоскости куба будутъ имѣть одинаковые индексы, отличаясь только мѣстомъ въ символѣ и знакомъ + или —. Вслѣдствіе этого и проводятъ координатныя оси въ кубѣ послѣднимъ способомъ.

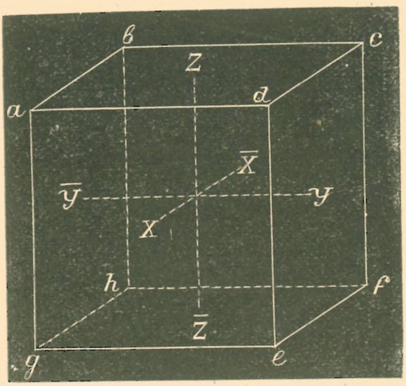

Рис 27.

Расположенныя означеннымъ образомъ координатныя оси оказываются всегда параллельными ребрамъ кристалла, или присутствующимъ на немъ, или кристаллографически возможнымъ. Въ приведенномъ примѣрѣ они параллельны ребрамъ куба. Кромѣ того, при такой постановкѣ, координатныя оси чаще всего совпадаютъ съ осями симметріи, если таковыя присутствуютъ въ кристаллѣ; такъ, въ кубѣ онѣ совпадаютъ съ осями симметріи 4-го порядка.

Проэктированіе кристалловъ.

Для нагляднаго представленія о характерѣ кристалла, объ относительномъ положеніи граней, распредѣленіи элементовъ и пр. пользуются сферической или стереографической проэкціей. Съ этою цѣлью поступаютъ слѣдующимъ образомъ: вокругъ кристалла описываютъ изъ его центра шаровую поверхность. Изъ этого же центра проводятъ перпендикуляры на грани кристалла и продолжаютъ ихъ до встрѣчи съ шаровою поверхностью; точки пересѣченія этихъ перпендикуляровъ съ послѣднею называются полюсами данныхъ граней. По этимъ полюсамъ легко возстановить форму кристалла, если провести плоскости, касательныя къ шаровой поверхности въ данныхъ точкахъ и продолжить ихъ до взаимнаго пересѣченія. Обыкновенно полюсы граней проектируютъ съ шаровой поверхности на плоскость какого-нибудь большого круга ея, который и совмѣщаютъ съ плоскостью чертежа. Очевидно, этою плоскостью шаръ раздѣлится пополамъ, на переднюю и заднюю полусферы.

Точки шаровой поверхности, въ которыхъ пересѣкаетъ ее діаметръ, перпендикулярный къ плоскости проэкціи (плоскости чертежа), выбираются за центры проэкціи. Затѣмъ, отъ полюсовъ плоскостей, находящихся на шаровой поверхности, проводятъ линіи (лучи проэкціи) къ центрамъ проэкціи: отъ полюсовъ, лежащихъ на передней полусферѣ къ центру проэкціи, лежащему на задней полусферѣ и наоборотъ,—отъ полюсовъ, находящихся на задней полусферѣ, къ центру проэкціи, лежащему на передней полусферѣ. Точки пересѣченія лучей проэкціи съ плоскостью проэкціи (плоскость чертежа) и будутъ полюсами плоскостей, проектированными на плоскость большого круга. Для разъясненія сказаннаго будемъ разсматривать эту картину съ боку; она представится намъ тогда въ слѣдующемъ видѣ: (рис. 28). Діаметръ $r_1 r_2$ представляетъ линію пересѣченія плоскости проэкціи съ плоскостью чертежа, линіи r o a o r—сѣченіе той же плоскостью граней кристалла. Линіи co_{11}, co_1, ca_1 и cr. суть перпендикуляры, опущенные на грани кристалла; такимъ образомъ, точки r_1, o_1, a_1, o_{11}, r_2 будутъ полюсами этихъ

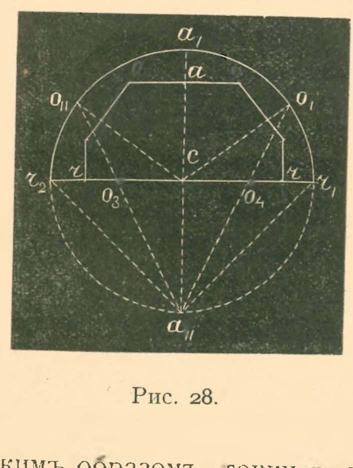

Рис. 28.

граней. Точка a_{11} есть центръ проэкціи верхней полусферы; отсюда линіи r_1a_{11}, o_1a_{11}, a_1a_{11}, $o_{11}a_{11}$, r_2a_{11} представляютъ лучи проэкцій. Точки o_3, o_4 будутъ проэкціями соотвѣтствующихъ полюсовъ; точка с (центръ круга) будетъ проэкціей полюса a.

Такимъ образомъ, если возьмемъ кристаллъ, видъ котораго изображенъ на рис. 29, называемый тетраэдромъ, поставимъ его такъ, чтобы, напр., ось $X\overline{X}$ была перпендикулярна къ плоскости бумаги, и чтобы кругъ, совпадающій съ этою плоскостью, проходилъ чрезъ средину кристалла, въ такомъ случаѣ полюсы плоскостей послѣдняго располагаются на кругѣ для двухъ переднихъ плоскостей въ a и a_1, а для двухъ заднихъ въ b и b_1 (рис. 30).

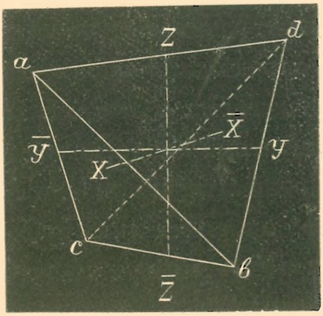

Рис. 29.

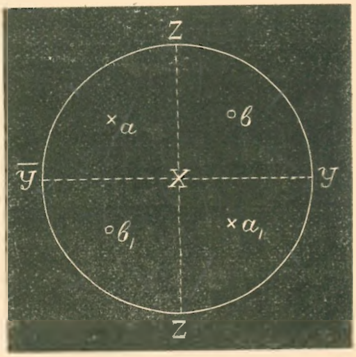

Рис. 30

Важное преимущество этого рода проэкціи предъ другими родами проэкцій заключается въ слѣдующихъ ея особенностяхъ:

1) Дуги большого круга на сферѣ проектируются дугами круга, опирающимися на концы одного и того же діаметра круга проэкціи.

2) Углы между касательными къ такимъ дугамъ, пересѣкающимся въ одной точкѣ, равны угламъ между тѣми прямыми или плоскостями, которыя проектируются этими дугами.

3) Малые круги на сферѣ также проектируются дугами круга (только эти дуги не опираются на концы діаметра).

Это свойство даетъ возможность весьма просто, посредствомъ циркуля и линейки, найти въ проэкціи геометрическое мѣсто всѣхъ прямыхъ, образующихъ съ данною прямою данный уголъ, или всѣхъ плоскостей, образующихъ съ данною плоскостью данный уголъ.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ КРИСТАЛЛОГРАФІИ.

А) Законъ раціональности параметровъ и индексовъ.

Нерѣдко одно и то же вещество является въ кристаллахъ, имѣющихъ различный видъ (сохраняя неизмѣнно степень симметріи), т. е. представляющихъ различныя простыя формы или ихъ комбинаціи. Если, опредѣливъ параметры различныхъ простыхъ формъ, встрѣчающихся у даннаго вещества, сравнить ихъ съ соотвѣтствующими параметрами одной какой-нибудь формы того же вещества, принявши ее за основную [1]), то оказывается, что отношенія этихъ параметровъ всегда выражаются весьма простыми раціональными числами. Такъ какъ параметры могутъ быть замѣнены индексами, то, очевидно, индексы каждой грани кристалла представляютъ простыя раціональныя числа.

Возьмемъ для примѣра кристаллы пирохлора (рис. 31). Опредѣлимъ параметры встрѣчающихся здѣсь плоскостей. Если провести координатныя оси такъ, какъ показано на рисункѣ, то будемъ имѣть для плоскости O параметры a:a:a или символъ ея (111); для плоскости m параметры

---

[1]) Параметры основной формы называются кристаллическими осями.

будутъ иные $a' : b' : b'$ (параметры по осямъ Y и Z будутъ одинаковы и больше параметра по оси X); стало быть, символъ ея будетъ (hkk); для плоскости t будутъ новые параметры $a'' : b'' : b''$, слѣдовательно символъ ея $(h'k'k')$; наконецъ, для плоскости с параметры: $a''' : \infty a''' : \infty a'''$, или символъ (100). Сравнивая параметры этихъ формъ, мы всегда получаемъ,

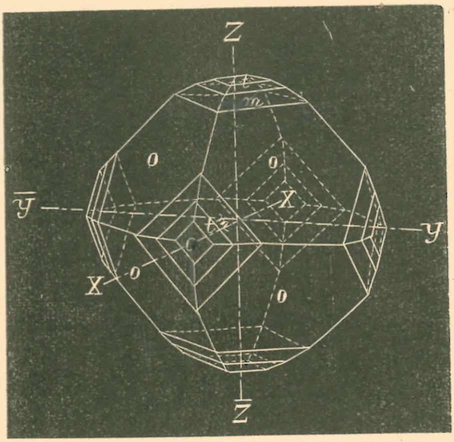

Рис. 31.

что $a : a' = m$; $a : a'' = m'$; $a : a''' = m''$; $b : b' = n$; $b : b'' = n'$; $b : b''' = n''$: при этомъ m, m', m'', n, n', n'', и т. д. суть числа раціональныя и обыкновенно весьма простыя, а отсюда и индексы h, h', 1, k, k, o суть такъ же числа цѣлыя и простыя. Въ частномъ случаѣ для данной формы пирохлора отношеніе параметровъ различныхъ плоскостей сравнительно съ параметрами основной плоскости O даетъ слѣдующія величины для плоскости m–a : 2a : 2a;— отсюда символъ ея будетъ (211), для плоскости t – – a : 3a : 3a символъ — (311) для плоскости с будетъ: a : ∞a : ∞a; символъ (100), т. е. параметры по осямъ Y и Z у плоскости m въ два раза больше, чѣмъ у плоскости o; у плоскости t— въ три раза, а у плоскости с въ безконечное число разъ; числа: 1, 2, 3, ∞, 0 — суть числа простыя раціональныя.

Этотъ законъ, выведенный Гаюи теоретически на основаніи его несовершенныхъ представленій о структурѣ кристалловъ, былъ подтвержденъ эмпирически, и до сихъ поръ, не смотря на десятки тысячъ опредѣленій, онъ не встрѣтилъ исключеній; напротивъ, чѣмъ точнѣе средства опредѣленія параметровъ, тѣмъ совершеннѣе подтверждается законъ раціональности параметровъ или индексовъ. Кромѣ того, онъ находится въ полномъ согласіи и съ другими законами кристалло-образованія, напримѣръ закономъ зонъ, а такъ же и съ теоріей структуры кристалловъ, созданной на основаніи изученія всѣхъ свойствъ кристалловъ.

B) Законъ зонъ.

Самымъ замѣчательнымъ свойствомъ кристаллическихъ многогранниковъ (кристалловъ) служитъ зональное расположеніе граней, т. е. присутствіе группъ граней, пересѣкающихся въ параллельныхъ ребрахъ; каждая такая группа граней называется зоною, или поясомъ, а линія, которой параллельны эти грани или, что одно и то же, ихъ ребра,носитъ названіе оси зоны. Важное значеніе этой особенности кристалловъ для геометрической кристаллографіи впервые показалъ Вейсъ.

Примѣрами зональнаго расположенія могутъ служить плоскости куба рис. 27, и многогранника, изображеннаго на рис. 31. Въ первомъ одна зона состоитъ изъ плоскостей adeg, abcd, bcfh, efhg; осью зоны служитъ координатная ось YY; вторую зону составляютъ adeg, dcfe, bcfh, abhg; осью зонъ служитъ ZZ; наконецъ третью — abcd, dcfe, efhg, abhg; осью зоны является ос XX. Точно такъ же и на фигурѣ 31 плоскости c, t, m и o образуютъ зону, осью которой служитъ комбинаціонное ребро плоскостей o и m.

Математическое изслѣдованіе показало, что только тѣ плоскости могутъ образовать зону, которыхъ индексы выражаются цѣлыми раціональными числами. Такъ какъ зональное расположеніе граней можетъ быть доказано весьма точно, то очевидно, законъ раціональности параметровъ или индексовъ находитъ въ этомъ явленіи весьма прочную опору.

Каждая плоскость можетъ лежать одновременно не въ одной, а въ нѣсколькихъ зонахъ. Если она съ плоскостями этихъ зонъ пересѣкается непосредственно, то ея стороны образуютъ столько паръ параллельныхъ линій, сколькимъ зонамъ данная плоскость принадлежитъ, напр., плоскости куба (см. рис. 27) лежатъ въ двухъ зонахъ и имѣютъ двѣ пары параллельныхъ сторонъ; въ кристаллѣ на рис. 32 плоскости c лежатъ также въ двухъ зонахъ и имѣютъ двѣ пары параллельныхъ сторонъ; грани o лежатъ въ трехъ зонахъ и имѣютъ три пары параллельныхъ сторонъ и пр.

При помощи надлежащаго геометрическаго построенія можно доказать, что параметры ребра двухъ плоскостей, образующихъ зону, стоятъ въ опредѣленномъ численномъ соотношеніи къ параметрамъ этихъ плоскостей и могутъ быть вычислены изъ послѣднихъ. Если индексы ребра обозначимъ по оси X буквою U, по оси Y—V и по Z—W, индексы пересѣкающихся плоскостей h, k, l и h_1, k_1, l_1, то между всѣми этими индексами существуетъ такая простая связь:

$$U = k l_1 - l k_1$$
$$V = l h_1 - h l_1$$
$$W = h k_1 - k h_1$$

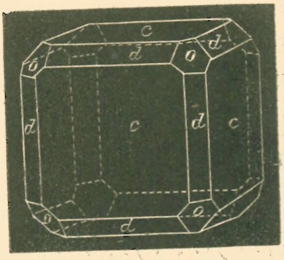

Рис. 32.

Такъ какъ индексы h, k, l и h_1, k_1, l_1 суть числа раціональныя и простыя, то очевидно и индексы U, V, W будутъ также числами раціональными и простыми. Индексы ребра, заключенные въ скобки (U V W), называются символомъ ребра.

Для легчайшаго запоминанія указанной связи между индексами плоскостей и ребра, образованнаго ими, прибѣгаютъ къ слѣдующему механическому пріему: пишутъ подъ-рядъ два раза индексы одной плоскости; подъ этимъ рядомъ подписываютъ въ такомъ же порядкѣ индексы второй плоскости. Затѣмъ отдѣляютъ крайніе индексы, а остальные перемножаютъ крестъ на крестъ и вычитаютъ полученныя произведенія одно изъ другого въ такомъ порядкѣ:

$$\begin{array}{c|ccccccc|c}
h & k & & l & & h & & k & l \\
 & & \times & & \times & & \times & & \\
h_1 & k_1 & & l_1 & & h_1 & & k_1 & l_1 \\ \hline
\end{array}$$

$$\begin{array}{|ccc|}
k l_1 - k_1 l =, & l h_1 - h l_1 =, & h k_1 - h_1 k = \\
= u & = v & = w
\end{array}$$

Кристаллическіе классы и системы.

Исходя изъ основного свойства кристаллическаго вещества—однородности его, возможно математическимъ путемъ вывести всѣ тѣ виды симметріи, которые не противорѣчатъ указанному свойству. Этихъ видовъ насчитывается 32; они называются кристаллическими классами или группами. Каждый классъ обнимаетъ всѣ многогранники, обладающіе одинаковымъ характеромъ, числомъ и распредѣленіемъ элементовъ симметріи:

Эти классы слѣдующіе: I)—нѣтъ симметріи; II) C: III) C, L^2, P, IV) L^2; V) P; VI) C, $3L^2$, 3P; VII) $3L^2$; VIII) $3L^2$, 2P; IX) C, L^3, $3L^2$, 3P; X) L^3, $3L^2$; XI) L^3; XII) C, L^3; XIII) L^3, 3P; XIV) C, L^6, $6L^2$,

P, 6P^1; XV) L^6, $6L^2$; XVI) L^6; XVII) L^6, 6P; XVIII) C, P, L^6; XIX) L^3, $3L^2$, P, $3P^1$; XX) L^3, P; XXI) C, L^4, $4L^2$, P, $4P^1$; XXII) L^4; XXIII) L^4, $4L^2$; XXIV) L^4, 4P; XXV) C, L^4, P; XXVI) L^2, $2L^2$, 2P; XXVII) L^2; XXVIII) C, $3L^4$, $4L^3$, $6L^2$, 3P, $6P^1$; XXIX) $3L^4$, $4L^3$, $6L^2$; XXX) C, $3L^2$, $4L^3$, 3P; XXXI) $3L^2$, $4L^3$; XXXII) $3L^2$, $4L^3$, 6P.

Сопоставленіе этихъ классовъ между собою показываетъ, что они довольно удобно могутъ быть соединены въ нѣсколько группъ, называемыхъ кристаллическими системами. Въ настоящее время большею частью принимаютъ шесть кристаллическихъ системъ:

I) трехклиномѣрная,

II) одноклиномѣрная,

III) ромбическая,

IV) квадратная,

V) гексагональная и

VI) правильная.

Въ основаніе означеннаго дѣленія положенъ характеръ координатныхъ осей, дающій возможность выражать просто и однообразно всѣ плоскости всякой простой формы.

КРИСТАЛЛИЧЕСКІЯ СИСТЕМЫ.

I. Система правильная, или кубическая.

Къ ней принадлежатъ кристаллы, въ которыхъ можно найти три равныя взаимно перпендикулярныя направленія, соединяющія три пары одинаковыхъ элементовъ ограненія. Эти направленія совпадаютъ съ тремя единственными осями симметріи 4-го или 2-го порядка. Совмѣстивъ съ данными направленіями координатныя оси и принявъ ихъ отрѣзки, лежащіе внутри самой простой формы, за кристаллическія оси, можно сказать; правильная система характеризуется тремя равными взаимно перпендикулярными кристаллическими осями.

Такимъ образомъ отношеніе кристаллическихъ осей a:a:a. Кромѣ этого, кристаллы правильной системы характеризуются постояннымъ присутствіемъ четырехъ осей симметріи 3-го порядка. Въ однихъ кристаллахъ величина симметріи этимъ и исчерпывается, въ другихъ же—прибавляются новые элементы: центръ симметріи C, нѣсколько осей симметріи 2-го порядка L^2—и плоскости симметріи P. Къ правильной системѣ относится пять группъ или классовъ кристаллическаго строенія.

1) Группа сорокавосьмигранника, или гексакисъ-октаэдра. (Голоэдрія).

$$C,\ 3L^4,\ 4L^3,\ 6L^2,\ 3P,\ 6P^1.$$

Изъ всѣхъ группъ, эта самая богатая элементами симметріи. Въ ней присутствуютъ:

$$C,\ 3L^4,\ 4L^3,\ 6L^2,\ 3P,\ 6P^1.$$

Представителемъ служитъ такъ называемый сорокавосьмигранникъ или гексакисъ-октаэдръ, рис. 33; остальныя формы являются лишь его частными случаями. Кристаллическія оси совмѣщаются съ осями симметріи 4-го порядка. Его грани разносторонніе треугольники имѣютъ три различныхъ параметра, слѣдовательно символъ плоскости сорокавосьмигранника въ общемъ видѣ (h k l) и всей формы {h k l}.

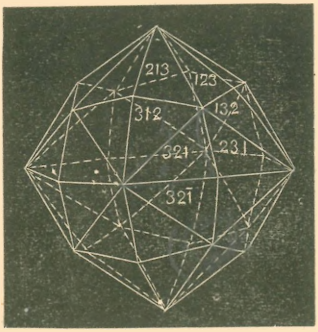

Рис. 33.

Дѣйствительно, если мы представимъ себѣ появленіе подобной плоскости, то въ строеніи разсматриваемой степени симметріи она непремѣнно должна повториться сорокъ восемь разъ. Лучше всего можно уяснить себѣ это, если проэктировать элементы симметріи на большой кругъ сферы, совмѣстивъ центръ симметріи (онъ же и центръ кристалла, онъ же и начало координатъ) съ центромъ сферы, кругъ проэкціи съ плоскостью чертежа, и одну изъ осей симметріи 4-го порядка перпендикулярно къ этой плоскости. Будемъ имѣть картину, представленную на рис. 34. Здѣсь двойныя оси обозначены ⬭, тройныя ▲, четвертныя ■.

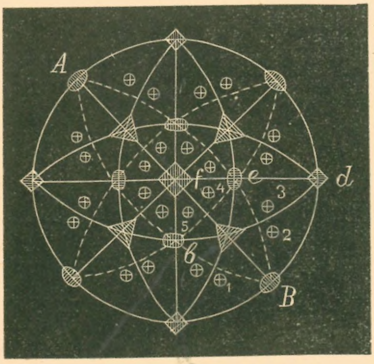

Рис. 34.

Оси симметріи, если онѣ лежатъ на плоскости круга проэкціи, будемъ обозначать пунктирными линіями, а плоскости симметріи—сплошными; полюсы переднихъ плоскостей +; полюсы заднихъ плоскостей ○.

Мы увидимъ, что полусфера разбивается при этомъ на 24 треугольника, имѣющихъ одинаковое значеніе и лежащихъ по 6 въ каждомъ квадрантѣ. Тоже самое относится и къ нижней полусферѣ. Такимъ образомъ, вся сфера разбита на 48 равнозначныхъ треугольниковъ. Если представимъ теперь одну такую плоскость, у которой символомъ будетъ (h k l), то ея полюсъ попадетъ въ одинъ изъ указанныхъ треугольниковъ, напримѣръ въ треугольникъ a b c; полюсъ ея пусть будетъ o_1; вслѣдствіе присутствія плоскости симметріи AB, такая же плоскость въ зеркальномъ положеніи къ первой должна появиться въ треугольникѣ b c d; полюсъ ея будетъ o_2. Такъ какъ въ точкѣ b проектируется ось симметріи 3-го порядка, то, очевидно, треугольники a b c и b c d съ полюсами o_1 и o_2 должны совмѣститься при полномъ поворотѣ вокругъ оси 3-го порядка три раза; поэтому въ треугольникѣ b d e долженъ также находиться полюсъ плоскости o_3, а въ треугольникѣ b e f полюсъ o_4; точно также въ треугольникѣ b f g и a b g полюсъ o_5 и o_6. Такъ какъ въ точкѣ f выходитъ ось 4-го порядка, то, ясно, всѣ шесть плоскостей, полученныхъ нами, должны повториться вокругъ нея четыре раза. Наконецъ, вслѣдствіе присутствія плоскости симметріи, совпадающей съ плоскостью проэкціи, полученныя нами 24 плоскости должны появиться и по другую ея сторону въ зеркальномъ положеніи, т.-е. долженъ получиться сорокавосьмигранникъ.

Частными случаями символа $\{hkl\}$ являются:

Если $h = k > l$, получимъ $\{hhl\}$ Пирамидальный октаэдръ. (Рис. 35).

Если $h > k = l$, получимъ $\{hkk\}$ Трапецоэдръ (икоситетраэдръ). (Рис. 36).

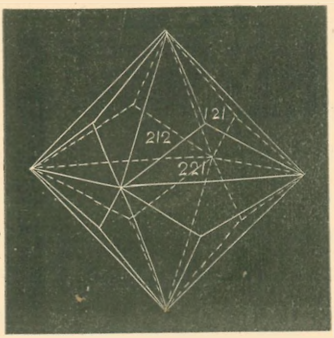

Рис. 35.

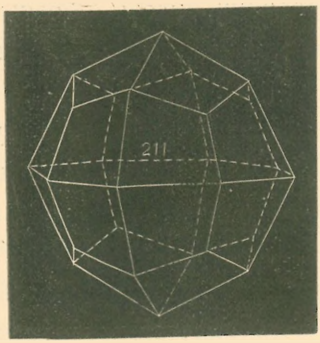

Рис. 36.

Если $h=k=l$, получимъ $\{111\}$ Октаэдръ. (Рис. 37).
Если $h>k$, $l=o$, получимъ $\{hko\}$ Пирамидальный кубъ. (Рис. 38.

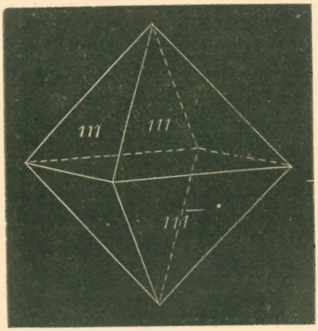

Рис. 37

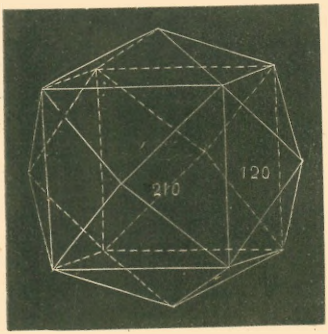

Рис. 38.

Если $h=k$, $l=o$, получимъ $\{110\}$ Ромбическій додекаэдръ (гранатоэдръ). (Рис. 39).
Если $k=l=o$, получимъ $\{100\}$ Кубъ (гексаэдръ). Рис. 40.

Этимъ исчерпываются всѣ простыя формы кристалловъ, принадлежащихъ данной степени симметріи.

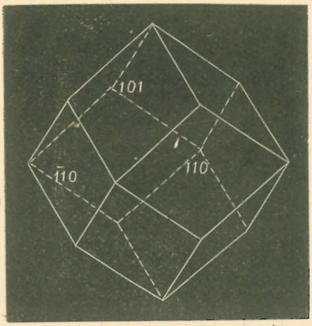

Рис. 39.

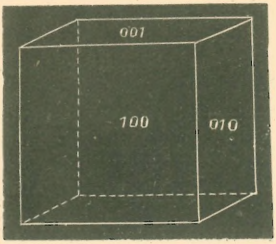

Рис. 40.

Въ природѣ встрѣчаются какъ простыя формы, такъ и ихъ разнообразныя комбинаціи. Сюда относятся напр. гранаты, кристаллизующіеся въ видѣ ромбич. додекаэдровъ, или трапецоэдровъ, или въ ихъ комбинаціи; см. рис. 41 и 42

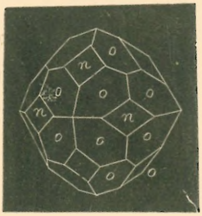

Рис. 41.

Рис. 42.

o = {211}, n = {110}, s = {321}. Также: свинцовый блескъ PbS, серебряный блескъ Ag_2S и др. Рисунки 43 и 44 изо-

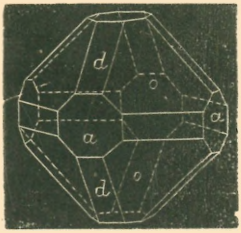

Рис. 43.

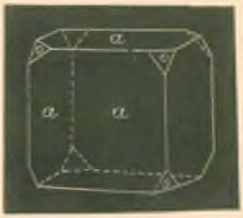

Рис. 44.

бражаютъ кристаллы свинцов. блеска a = {100}, o = {111}, d = {110}.

2) Классъ пентагональнаго икоситетраэдра.

(Плагіэдрическая или гироэдрическая геміэдрія).

$3L^4$, $4L^3$, $6L^2$.

Сюда относятся кристаллы, имѣющіе, какъ въ первомъ классѣ, — классѣ гексакисъ — октаэдра, 13 осей симметріи такого же характера $3L^4$, $4L^3$, $6L^2$; отсутствуютъ: центръ и плоскости симметріи: oC, oP, oP^1. Общею формою служитъ пентагональный икоситетраэдръ или гироэдръ, плоскости котораго по всѣмъ (тремъ) координатнымъ осямъ имѣютъ различные параметры. Форма плоскостей — пентагоны; число—24.

Для каждой комбинаціи численныхъ значеній индексовъ, т. е. для каждаго гироэдра съ опредѣленными параметрами, могутъ существовать двѣ формы, которыя, удовлетворяя всѣмъ условіямъ даннаго класса и представляя полное сходство между собою по своему виду, отличаются относительнымъ расположеніемъ граней: обладая совмѣщеніемъ сами съ собою, онѣ не могутъ быть совмѣщены другъ съ другомъ; расположеніе ихъ частей такое же, какъ расположеніе частей правой руки относительно лѣвой. Совмѣщеніе можетъ произойти только въ томъ случаѣ, если замѣнить одинъ изъ сравниваемыхъ многогранниковъ его изображеніемъ въ зеркалѣ.

Такіе несовмѣстимые многогранники называются энантіоморфными относительно другъ друга. Одному изъ нихъ даютъ названіе праваго, а другому—лѣваго. Если поставить пентагональный икоситетраэдръ (гироэдръ) къ наблюдателю такъ, чтобы его координатныя оси, совмѣщенныя съ осями симметріи 4-го порядка, располагались обще-принятымъ способомъ, то лѣвымъ будетъ называться тотъ, у котораго изъ трехъ плоскостей, лежащихъ въ верхнемъ правомъ октантѣ, одна будетъ имѣть по оси X параметръ наименьшій, а по оси Z — наибольшій, стало быть ея символъ {hkl} (рис. 45); у праваго пентагональнаго икоситетраэдра наименьшій параметръ будетъ по оси Y; наибольшій, какъ и въ лѣвомъ по оси Z; отсюда символъ {khl} (рис. 46).

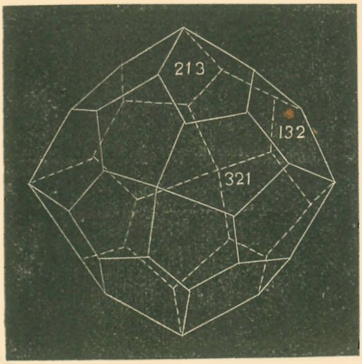

Рис. 45.

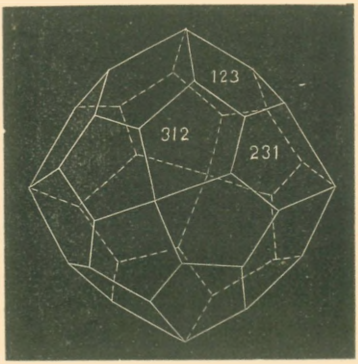

Рис. 46.

Всѣ указанныя отношенія весьма наглядно выступаютъ при изученіи сферической проэкціи этихъ многогранниковъ. Рис. 47 и 48.

Рис. 47. {hkl}.

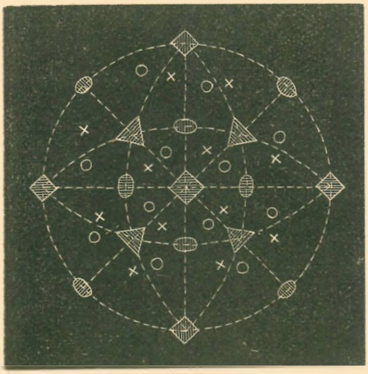

Рис. 48. {khl}.

Придавая различныя значенія индексамъ h, k, l пентагональнаго икоситетраэдра, получимъ какъ изъ праваго, такъ и изъ лѣваго шесть новыхъ формъ:

$\{hkk\}$ Икоситетраэдръ.

$\{hhl\}$ Пирамидальный октаэдръ (тріакисъ октаэдръ).

$\{111\}$ Октаэдръ.

$\{hko\}$ Пирамидальный кубъ (тетракисъ-гексаэдръ).

$\{110\}$ Ромбическій додекаэдръ или гранатоэдръ.

$\{100\}$ Кубъ (гексаэдръ).

Эти формы соотвѣтствуютъ всѣмъ возможнымъ случаямъ перемѣщенія полюсовъ въ каждомъ октантѣ; такъ напримѣръ если полюсы плоскостей гироэдра упадутъ на линіи, соединяющія оси симметріи 4, 3 и 2 порядка, то получится проэкція икоситетраэдра; при перемѣщеніи ихъ на дуги, соединяющія такія же оси симметріи, получится проэкція тріакисъ—октаэдра; при передвиженіи полюсовъ къ оси симметріи третьяго порядка и сліяніи съ ней получится октаэдръ и проч.

Получающіеся такимъ образомъ многогранники имѣютъ по наружному виду симметрію болѣе высокую, чѣмъ ихъ внутреннее сроеніе. Однако доказать у такихъ кристалловъ меньшую симметрію можно легко, пользуясь характеромъ распредѣленія различныхъ свойствъ въ нихъ. Чаще всего съ этой цѣлью пользуются фигурами разъѣданія или вытравленія, т. е. такими фигурами, которыя получаются при дѣйствіи растворяющихъ веществъ на грани кристалла. Если внутреняя симметрія кристалла соотвѣтствуетъ наружной, то получающіяся при этомъ фигуры и ихъ расположеніе будутъ имѣть ту же степень симметріи, какая принадлежитъ наружной формѣ; въ противномъ случаѣ картина будетъ другая. Особенно поучительны въ этомъ отношеніи кристаллы нашатыря или сальміака NH_4Cl. Его кристаллы представляютъ трапецоэдры,—фигуры, обладающія, какъ мы видѣли, наибольшею степенью симметріи. Однако при извѣстныхъ условіяхъ кристаллизаціи на немъ появляются плоскости пентагональнаго икоситетраэдра. Рис. 49.

Очевидно и самъ трапецоэдръ долженъ имѣть внутренюю симметрію, одинаковую съ пентагональнымъ икоситетраэдромъ. Фигуры вытравливанія, наблюдавшіяся на немъ, это и подтверждаютъ; см. фиг. 50. Ихъ расположеніе таково,

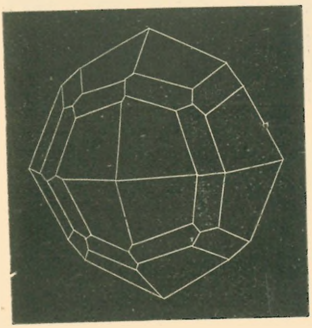

Рис. 49.

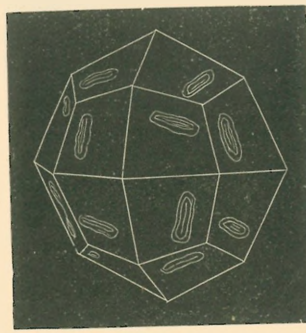

Рис. 50.

что не даетъ возможности провести ни одной плоскости симметріи.

Такою же степенью симметріи обладаютъ и кубы сильвина $\{KCl\}$, октаэдры куприта $\{Cu_2O\}$, по видимому также каменной соли $NaCl$ и хлористаго серебра $AgCl$.

Если сравнить между собою проэкціи пентагональныхъ икоситетраэдровъ, гироэдровъ съ проэкціей сорокавосьмигранника, то можно замѣтить, что первые являются какъ бы половинными формами послѣдняго: мы можемъ получить ихъ изъ сорокавосьмигранника геометрическимъ построеніемъ, если въ сорокавосьмигранникѣ будемъ уничтожать отдѣльныя плоскости поочередно съ остающимися, а эти послѣднія будемъ развивать до взаимной ихъ встрѣчи (отсюда и названіе подобныхъ формъ — геміэдрія). Смотря по тому, какъ расположатся остающіяся плоскости, можно получить два энантіоморфныхъ гироэдра рис. №№ 51 и 52.

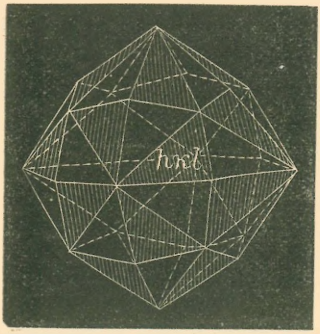

Рис. 51.

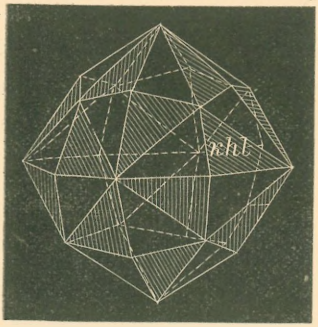

Рис. 52.

3) Классъ діакисъ-додекаэдра, или преломленнаго пентагональнаго додекаэдра.

(Пентагональная геміэдрія).

Степень симметріи этого класса: C, 3 L^2, 4 L^3, 3P. Наиболѣе общею формой служитъ діакисъ-додекаэдръ или преломленный пентагональный додекаэдръ $\{h\,k\,l\}$. При обычной постановкѣ координатныхъ осей и обозначенія формъ здѣсь возможны два преломленныхъ пентагональныхъ додекаэдра: правый $\{k\,h\,l\}$ и лѣвый $\{h\,k\,l\}$, по наружному виду совершенно неотличимые одинъ отъ другого и совершенно совмѣстимые послѣ поворота вокругъ оси симметріи 2-го порядка на 90. Рис. №№ 53, 54.

Придавая различныя относительныя значенія индексамъ h, k, l, мы получимъ всѣ возможные многогранники того же вида симметріи:

При $h > k$, $k = l$ получимъ: $\{h\,k\,k\}$ Трапецоэдръ.

При $h = k$, $k > l$ получимъ: $\{h\,h\,l\}$ Пирамидальный октаэдръ.

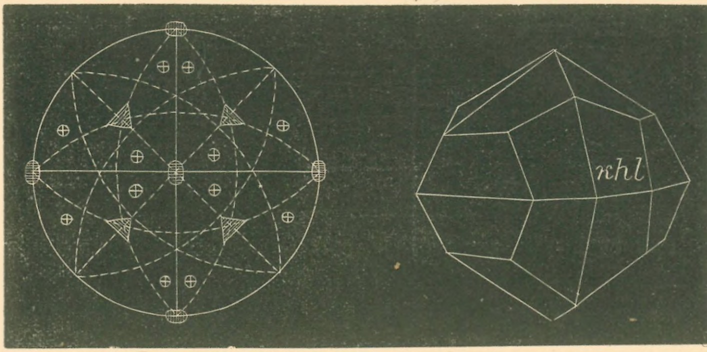

Рис. 53. $\{khl\}$.

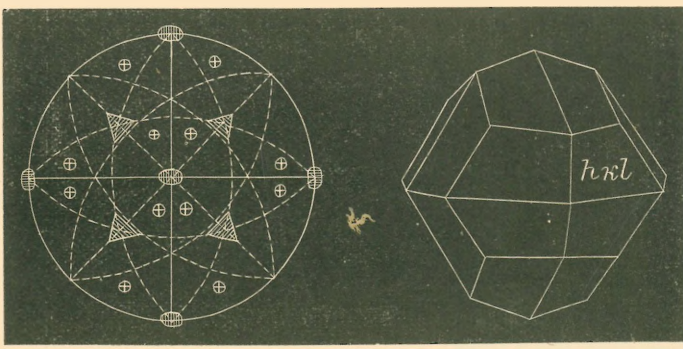

Рис. 54. $\{hkl\}$.

При $h = k = l$ получимъ: $\{1\,1\,1\}$ Октаэдръ.

При $h = k$, $l = 0$ получимъ: $\{hk0\}$ Пентагональный додекаэдръ лѣвый (Рис. 55).

$\{kh0\}$ Пентагональный додекаэдръ правый (Рис. 56).

При $h = k$, $l = 0$ получимъ: $\{1\,1\,0\}$ Ромбическiй додекаэдръ.

При $h, k = l = 0$ получимъ: $\{1\,0\,0\}$ Гексаэдръ (кубъ).

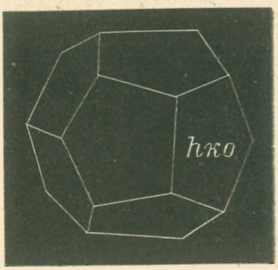

Рис. 55.

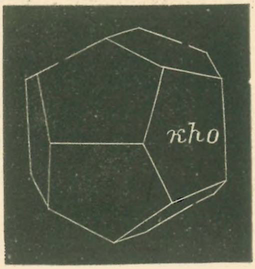

Рис 56.

Изъ перечисленныхъ формъ только одинъ пентагональный додекаэдръ имѣетъ особенный видъ; всѣ же остальные не отличимы отъ таковыхъ же предшествующихъ классовъ. Всѣ эти случаи соотвѣтствуютъ возможнымъ перемѣщеніямъ полюсовъ діакисъ-додекаэдра, совершенно подобно тому, какъ это было указано въ классѣ пентагональнаго икоситетраэдра.

Сравнивая проэкціи сорокавосьмигранника и преломленнаго пентагональнаго додекаэдра, не трудно замѣтить, что

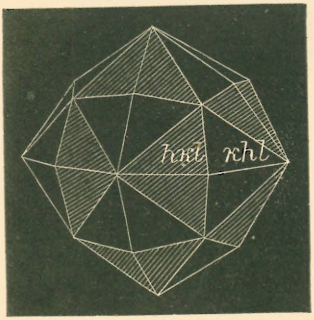

Рис. 57.

послѣдній соотвѣтстуетъ первому съ тѣмъ только различіемъ, что здѣсь нѣтъ половины соотвѣтствующихъ плоскостей, пересѣкающихся въ среднемъ ребрѣ; при томъ отсутствующія правильно чередуются попарно съ присутствующими. Рис. № 57.

То же самое нужно сказать и относительно пентагональнаго додекаэдра: первый составляетъ, такъ сказать, половинную форму сорокавосьми-гранника, а другой (пентагональный додекаэдръ)—пирамидальнаго куба. Отсюда и названіе гемі-эдріи пентагональной. Какъ въ пирамидальномъ кубѣ каждая плоскость по своему положенію соотвѣтствуетъ двумъ плоскостямъ сорокавосьмигранника, пересѣкающимся въ среднемъ ребрѣ, такъ же точно каждая плоскость пентагональнаго додекаэдра соотвѣтствуетъ двумъ плоскостямъ переломленнаго пентагональнаго додекаэдра, соединяющимся въ длинномъ ребрѣ.

Здѣсь, какъ и въ группѣ пентагональнаго икоситетроэдра, наружная симметрія всѣхъ формъ, кромѣ обоихъ пентагональныхъ додекаэдровъ, будетъ выше внутренней. Настоящую симметрію и здѣсь можно доказать вытравленіемъ. Такъ пиритъ $Fe\,S_2$, кристализуясь нерѣдко въ формахъ пентагональнаго додекаэдра, чаще всего образуетъ простые кубы, иногда октаэдры, а также и различныя комбинаціи. Если подвергнуть плоскости куба дѣйствію азотной кислоты, то на нихъ появляются фигуры диссимметричныя (имѣющія двойную ось симметріи и двѣ плоскости симметріи), а не тетрасимметричную, какъ должно было быть, если бы кубъ пирита принадлежалъ симметріи гексакисъоктаэдра (голоэдрическаго класса). Рис. 58 представляетъ фигуру разъѣданія на плоскости пирита.

Кромѣ пирита къ этому классу принадлежатъ также кристаллы кобальтоваго блеска Co (Fe) AsS и по видимому каліевыхъ квасцовъ $KAl(SO_4)_2\,12\,H_2O$. Фигура 59 предста-

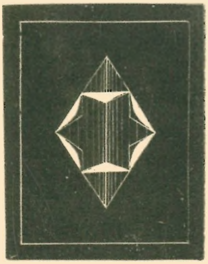

Рис. 58.

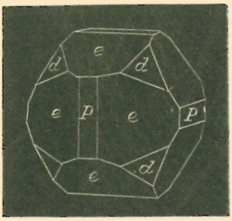

Рис. 59.

вляетъ кристаллъ пирита, состоящій изъ: p (100), d (111) и e = (210).

4) Классъ гексакисъ-тетраэдра или преломленнаго пирамидальнаго тетраэдра.

(Тетраэдрическая геміэдрія).

Сюда относятся многогранники-кристаллы, симметрія которыхъ выражается $3L^2$, $4L^3$, и $6P$.

Представителемъ этого класса, содержащимъ наибольшее число граней, служитъ гексакисъ-тетраэдръ, символъ котораго: $\{hkl\}$ (рис. 60); его проэкція на рис. 61; всѣ остальные многогранники представляютъ частные его случаи.

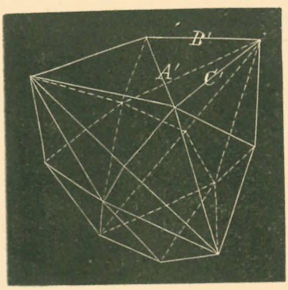

Рис. 60.

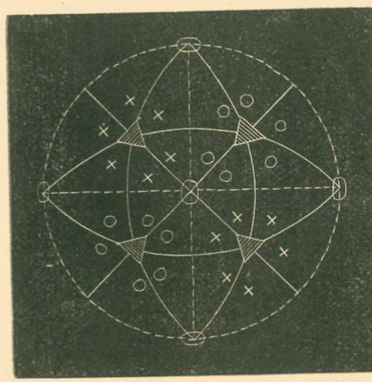

Рис. 61.

Въ гексакисъ-тетраэдрѣ форма граней—разносторонніе трехъугольники. Число граней 24. Двойныя (дигональныя) оси соединяютъ вершины ромбическихъ угловъ; тройныя соединяютъ дитригональные углы, причемъ одинъ конецъ ихъ проходитъ чрезъ вершину тупаго дитригональнаго угла, а другой—чрезъ вершину остраго; такимъ образомъ тригональныя оси являются полярными. Въ зависимости отъ постановки координатныхъ осей относительно наблюдателя, плоскости гексакисъ-тетраэдра имѣютъ или положительные символы (лежатъ на верху впереди направо) $\{hkl\}$ или отрицательный индексъ по оси Y (лежитъ наверху впереди налѣво) $\{h\bar{k}l\}$. Поэтому первый называется положительнымъ, а второй отрицательнымъ. Оба гексакисъ-тетраэдра способны совѣщаться другъ съ другомъ послѣ поворота на 90°.

Придавая различныя относительныя значенія индексамъ этой общей формы, получимъ всѣ возможные многогранники даннаго вида симметріи.

$h>k,\ k=l$ $\{hkk\}$ Пирамидальный тетраэдръ положительный. (Рис. 62).

$h>k,\ k=l$ $\{h\bar{k}k\}$ Пирамидальный тетраэдръ отрицательный.

$h=k,\ k>l$ $\{hhl\}$ Дельтоэдръ (дельтоидъ-додекаэдръ) положительный. (Рис. 63).

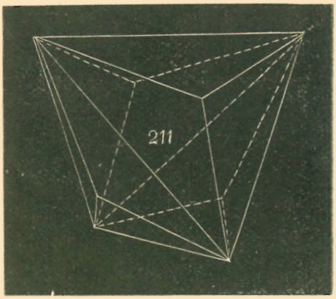

Рис. 62.

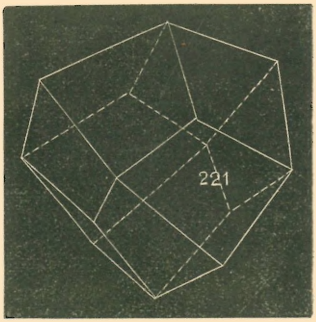

Рис. 63.

$\{h\bar{h}l\}$ Дельтоэдръ (дельтоидъ-додекаэдръ) отрицательный.

$h=k=l$ $\{111\}$ Тетраэдръ положительный. Рис. 64.

$\{1\bar{1}1\}$ Тетраэдръ отрицательный.

$h>k,\ l=$ $\{hko\}$ Пирамидальный кубъ.

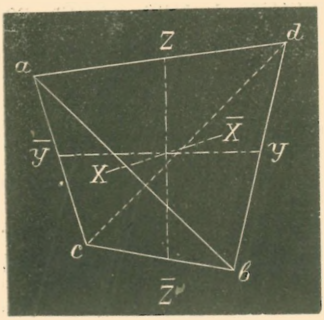

Рис. 64.

$h=k,\ l=o$ $\{110\}$ Ромбическій додекаэдръ.

$h>k, k=l=o$ $\{001\}$ Кубъ (гексаэдръ).

Всѣ соотвѣтствующія положительныя и отрицательныя формы по наружному виду не отличимы другъ отъ друга. Различить ихъ можно въ комбинаціяхъ по ихъ положенію.

И въ этомъ классѣ имѣется нѣсколько формъ (пирамидальный кубъ, ромбическій додекаэдръ и кубъ), которыя по наружности не отличимы отъ такихъ же формъ предшествующихъ классовъ; однако ихъ внутренняя симметрія вполнѣ отвѣчаетъ данному классу. Такъ, напримѣръ, плоскости куба цинковой обманки (ZnS) при вытравливаніи даютъ дисимметричныя фигуры (вмѣсто тетрасимметричныхъ), а на плоскостяхъ ромбическаго додекаэдра—моносимметричныя, какъ этого и требуетъ симметрія класса гексакисъ-тетраэдра. Примѣрами могутъ служить также кристалла алмаза, блеклыхъ рудъ, борацита и др. Рис. 65 и 66 изображаютъ кристаллы борацита: $o=(111)$, $c=(100)$, $d=(110)$.

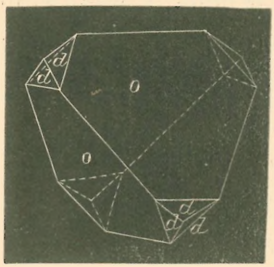

Рис 65.

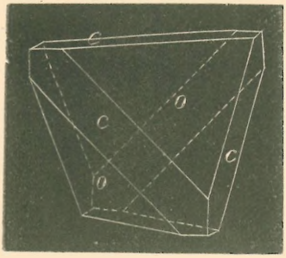

Рис. 66.

5) Классъ тетраэдрическаго пентагональнаго додекаэдра.

(Тетартоэдрія правильной системы).

$3L^2$, $4L^3$.

Сюда принадлежатъ многогранники, симметрія которыхъ выражается присутствіемъ только осей симмеметріи: $3L^2$ и $4L^3$; остальные элементы ея отсутствуютъ.

Общею формою служитъ тетартоэдръ или тетраэдрическій пентагональный додекаэдръ, символъ котораго $\{hkl\}$. См. рис. 67. Форма плоскостей—несимметрическіе пятиугольни-

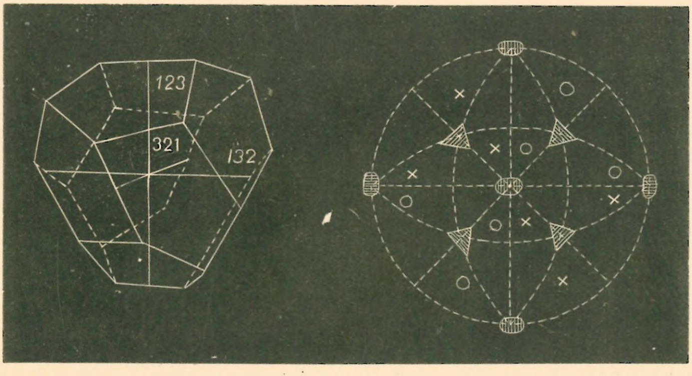

Рис. 67.

ки, у которыхъ 4 стороны попарно равны, а пятая особенная; число граней 12. Дигональныя оси симметріи (онѣ же и кристаллическія) соединяютъ средины единственныхъ сторонъ пятиугольниковъ; тригональныя оси проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ тупыхъ и острыхъ угловъ и, такимъ образомъ, обладаютъ полярностью.

При опредѣленной постановкѣ координатныхъ осей относительно наблюдателя переднія верхнія плоскости тетартоэдра имѣютъ или положительные индексы, если онѣ лежатъ въ вернемъ правомъ переднемъ октантѣ, или же одинъ изъ нихъ по оси Y отрицательный, если плоскости лежатъ въ верхнемъ переднемъ лѣвомъ октантѣ. Въ каждомъ указанномъ октантѣ плоскости тетартоэдра могутъ располагаться двояко: одна изъ нихъ пересѣкаетъ ось X въ наименьшемъ разстояніи, ось Y въ большемъ и Z въ наибольшемъ, т. е. ея символъ будетъ (h k l); или же одна изъ плоскостей пересѣкаетъ въ наименьшемъ разстояніи ось Y, ось X въ большемъ и ось Z въ наибольшемъ, т. е. символъ будетъ (k h l). Повернувъ октантъ, въ которомъ лежатъ плоскости, прямо къ наблюдателю, увидимъ, что у перваго тетартоэдра плоскость (h k l) лежитъ въ октантѣ налѣво, поэтому онъ называется лѣвымъ (рис. 67), а у второго— $\{k\,h\,l\}$ направо, и онъ называется правымъ (рис. 68). Обѣ эти формы энантіоморфны относительно другъ друга. То же самое относится къ тетартоэдрамъ, плоскости которыхъ лежатъ въ лѣвомъ верхнемъ октантѣ: здѣсь правый тетартоэдръ имѣетъ плоскость съ символомъ $\{h\,\bar{k}\,l\}$, а лѣвый— $\{k\,\bar{h}\,l\}$.

Рис. 68

Такимъ образомъ, возможны четыре тетартоэдра: положительные: правый и лѣвый, и отрицательные: правый и лѣвый. Правый и лѣвый одного знака энантіоморфны, имѣющіе же разные знаки совмѣщаются при поворотѣ одного относительно другого на 90°.

Если примѣнить здѣсь обычный пріемъ выведенія возможныхъ формъ данной симметріи, исходя изъ общаго символа $\{hkl\}$ или прибѣгая къ перемѣщенію полюсовъ въ проэкціи, мы найдемъ здѣсь слѣдующіе многогранники:

$\{hkl\}$ Лѣвый положительный тетартоэдръ.
$\{khl\}$ Правый положительный тетартоэдръ.
$\{k\bar{h}l\}$ Лѣвый отрицательный тетартоэдръ.
$\{\bar{h}kl\}$ Правый отрицательный тетартоэдръ.
$\{hkk\}$ Пирамидальный тетраэдръ положительный.
$\{\bar{h}kk\}$ Пирамидальный тетраэдръ отрицательный.
$\{hhl\}$ Дельтоэдръ положительный.
$\{h\bar{h}l\}$ Дельтоэдръ отрицательный.
$\{111\}$ и $\{\overline{111}\}$ Тетраэдръ положительный и отрицательный.
$\{hk0\}$ и $\{kh0\}$ Пентагональный додекаэдръ лѣвый и правый.
$\{110\}$ Ромбическій додекаэдръ.
$\{100\}$ Кубъ.

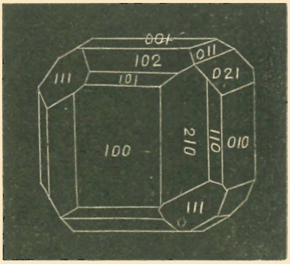

Рис. 69.

Къ этому классу принадлежатъ кристаллы хлорновато-кислаго натра $NaClO_3$, представляющіе $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $\{210\}$ и $\{110\}$ (рис. 69); азотнокислаго барія и свинца ($BaNO_3$ и $PbNO_3$); также двойная сѣрнокислая соль коніина и желѣза $(C_8H_{17}N)HFe(SO_4)_2 12H_2O$ и др. Кристаллы тетартоэдрическаго класса обладаютъ вращеніемъ плоскости поляризаціи.

II. Квадратная система.

Обнимаетъ кристаллы, въ которыхъ можно провести три взаимно перпендикулярныя кристаллическія оси, изъ которыхъ двѣ равны между собою, а третья особенная; такимъ образомъ отношеніе осей a : a : c; отношеніе a : c и характеризуетъ данную систему. Оси a и a совмѣщаются съ координатными осями X и Y; ось c съ осью Z.

Всѣ кристаллы квадратной системы имѣютъ ось симметріи 4-го или 2-го порядка или ту и другія вмѣстѣ. Къ нимъ присоединяются и другіе элементы симметріи: центръ и плоскости симметріи. Соотвѣтственно этому къ квадратной системѣ относятся семь классовъ.

6) Классъ восьмигранной бипирамиды.

(Голоэдрія).

$C,\ L^4,\ 4L^2,\ P,\ 4P^1.$

Единственная ось симметріи 4-го порядка, совмѣщаемая съ осью c; двѣ оси симметріи 2-го порядка, совмѣщаемыя съ кристаллическими осями a и a; двѣ оси того же наименованія дѣлятъ пополамъ уголъ между осями a и a. Кромѣ того, здѣсь присутствуетъ центръ симметріи и пять плоскостей симметріи; изъ нихъ одна, перпендикулярная къ оси 4-го порядка, называется главнóю. Остальныя четыре проходятъ чрезъ двойныя оси, пересѣкаясь въ оси 4-го порядка.

Представителемъ этого класса служитъ восьмигранная бипирамида (дитетрагональная бипирамида); рисунокъ и проекція ея вмѣстѣ съ элементами симметріи изображены на рис. 70 и 71. Рисунокъ 72 изображаетъ сѣченіе дитетрагональной бипирамиды перпендикулярно къ L^4; діагонали дитетрагона представляютъ горизонтальныя кристаллическія оси.

Она ограничена шестнадцатью неравносторонними треугольниками. Главная кристаллическая ось, совмѣщающаяся съ осью симметріи 4-го порядка, соединяетъ противулежа-

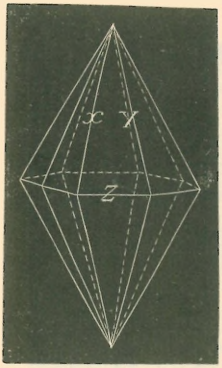

Рис. 70.

Рис. 72.

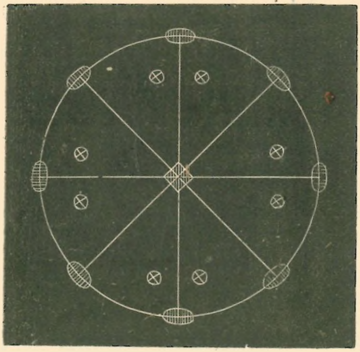

Рис. 71.

щіе дитетрагональные углы; горизонтальныя кристаллическія оси проходятъ чрезъ противоположные болѣе острые ромбическіе углы; промежуточныя же оси соединяютъ болѣе тупые ромбическіе углы. Символъ этой формы $\{h\,k\,l\}$, причемъ: $h > k$; $l >< k$. Частными случаями ея являются:

$h=k$	$\{hhl\}$	Квадратная бипирамида 1-го рода. (Рис. 73).
$h>k, k=0$	$\{h0l\}$	Квадратная бипирамида 2-го рода. (Рис. 74).

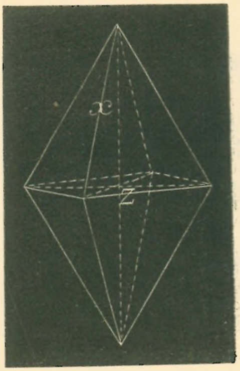

Рис 73.

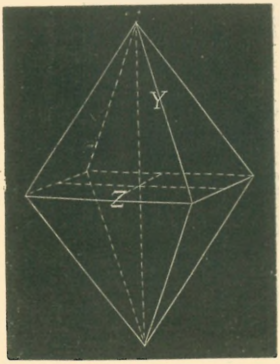

Рис. 74.

$h>k, l=0$	$\{hk0\}$	Восьмигранная (дитетрагональная) призма. (Рис. 75).
$h=k, l=0$	$\{110\}$	Квадратная призма 1-го рода (Рис. 76).
$h>k, k=0, l=0$	$\{100\}$	Квадратная призма 2-го рода. (Рис. 77).

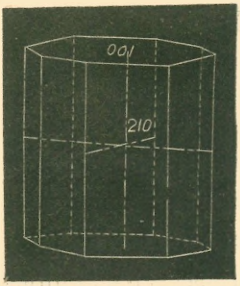

Рис. 75

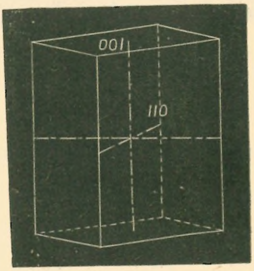

Рис. 76.

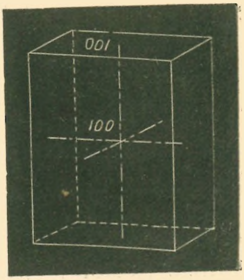

Рис. 77.

$h = k = 0$ $\{001\}$ Основной пинакоидъ (базопинакоидъ) [1]. (Рис. 75, 76 и 77).

Всѣ указанныя формы могутъ быть выведены также изъ разсмотрѣнія проэкцій восьмигранной бипирамиды. Перемѣщая полюсы этой формы, мы получимъ тѣ же семь различныхъ случаевъ.

Къ этому классу принадлежатъ: цирконъ (ZrO_2SiO_2), оловянный камень (SnO_2), рутилъ (TiO_2) и др.

7) Классъ восьмигранной пирамиды.

(Гемиморфная гемiэдрiя).

L^4, $4P$.

Присутствуютъ ось симметрiи 4-го порядка и четыре плоскости симметрiи, въ ней пересѣкающiяся. Представителемъ служитъ восьмигранная пирамида: символъ $\{hkl\}$ верхняя (рис. 78), и $\{hk\bar{l}\}$ нижняя. Проэкцiя элементовъ

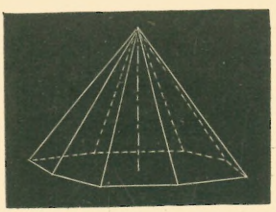

Рис. 78.

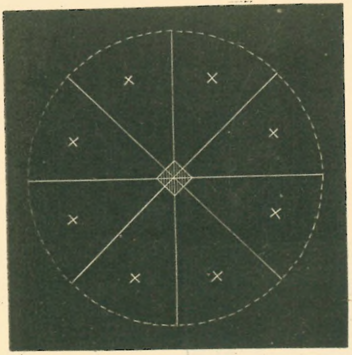

Рис. 79.

симметрiи и полюсовъ $\{hkl\}$ на рис. 79. Частными случаями являются:

[1]) Пинакоидомъ называютъ простую форму, состоящую изъ двухъ параллельныхъ плоскостей.

h = k	{ hhl }	Квадратная пирамида 1-го рода верхняя. (Рис. 80).

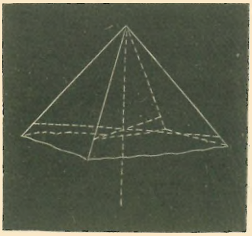

Рис. 80.

	{ hh$\bar{l}$ }	Квадратная пирамида 1-го рода нижняя.
k = 0	{ h0l }	Квадратная пирамида 2-го рода верхняя.
	{ h0$\bar{l}$ }	Квадратная пирамида 2-го рода нижняя.
l = 0	{ hk0 }	Восьмигранная призма.
h = k, l = 0	{ 110 }	Квадратная призма 1-го рода.
k = l = 0	{ 100 }	Квадратная призма 2-го рода.
h = k = 0	{ 001 }	Педіонъ верхній [1]).
	{ 00$\bar{1}$ }	Педіонъ нижній.

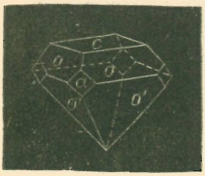

Рис. 81.

Къ этому классу принадлежатъ: пентаэритритъ (тетраметилолъ-метанъ) $C_5H_{12}O_4$ (рис. 81) и сукцинъ-іодъ-имидъ $C_4H_4O_2NJ$. c = { 001 }; o = { 111 }; o[1] = { 11$\bar{1}$ }; a = { 100 }.

---

[1]) Педіономъ называется простая форма, состоящая изъ одной плоскости.

8) Классъ квадратнаго трапецоэдра.

(Трапецоэдрическая гемiэдрiя).

L^4, $4L^2$.

Присутствуютъ всѣ оси симметрiи голоэдрическаго класса: L^4, $4L^2$. Отсутствуютъ центръ и плоскости симметрiи. Общею формою служитъ квадратный трапецоэдръ, у котораго индексы плоскостей: hkl. Фигура ограничена восемью равнобедренными трапецоидами. Кристаллическiя оси проходятъ: c чрезъ вершины квадратныхъ угловъ, а боковыя: a и a соединяютъ средины короткихъ реберъ, лежащихъ въ зигзагѣ. Смотря по положенiю плоскостей въ октантѣ, различаютъ лѣвый трапецоэдръ $\{h\,k\,l\}$ (рис. 82) и правый $\{k\,h\,l\}$ (рис. 83).

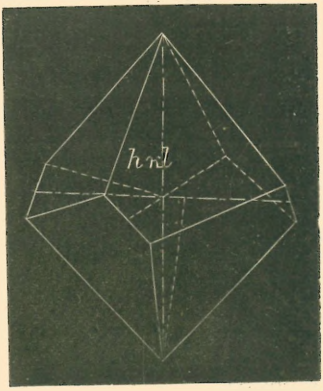

Рис. 82.

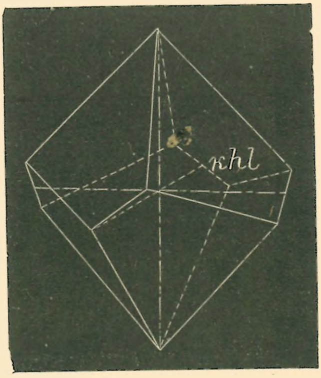

Рис. 83.

Эти формы энантiоморфны относительно другъ друга. Проэкцiя этого класса изображена на рис. 84.

Частными случаями трапецоэдровъ являются:

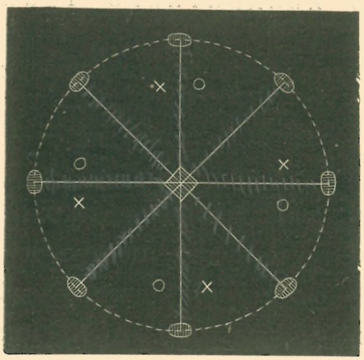

Рис. 84.

$h = k$ $\{hhl\}$ Квадратная бипирамида 1-го рода.

$k = o$ $\{hol\}$ Квадратная бипирамида 2-го рода.

$l = o$ $\{hko\}$ Восьмигранная призма.

$k=l=o$ $\{110\}$ Квадратная призма 1-го рода.

$h = k$ $\{100\}$ Квадратная призма 2-го рода.

$l = o$ $\{001\}$ Базопинакоидъ.

Къ этому классу относятся: сѣрнокислый никель $[NiSO_4 6H_2O]$, сѣрнокислый стрихнинъ $(C_{21}H_{22}N_2O_2)_2 . H_2SO_4 . 6H_2O$ и нѣсколько другихъ. Принадлежность ихъ къ классу квадратнаго трапецоэдра доказана на основаніи фигуръ вытравливанія.

9) Классъ квадратной бипирамиды.

(Пирамидальная геміэдрія).

$C, \ L^4, \ P.$

Степень симметріи ограничивается присутствіемъ C, L^4 и P; послѣдняя перпендикулярна къ оси 4-го порядка. Представителемъ служитъ квадратная бипирамида 3-го рода, по наружному виду неотличимая отъ квадратныхъ бипирамидъ 1-го и 2-го рода. Различіе заключается въ степени симметріи внутренняго строенія и въ относительномъ положеніи ея въ комбинаціяхъ; въ этомъ случаѣ боковыя кристаллическія оси ея выходятъ на горизонтальныхъ ребрахъ несимметрично. Эти отношенія представлены на рис. 85 и 86; проэкція симметріи и полюсовъ плоскостей на рис. 87.

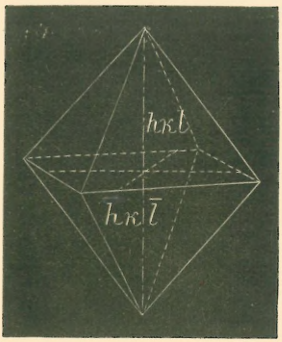

Рис. 85.

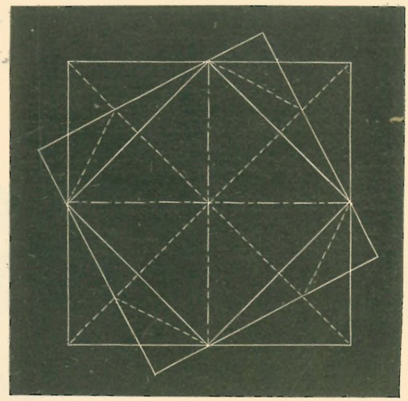

Рис. 86.

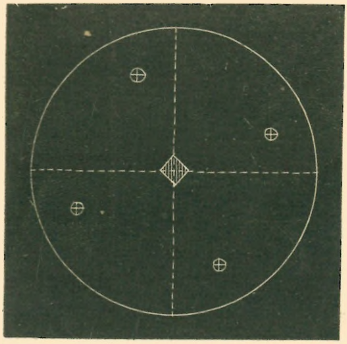

Рис. 87.

Символъ плоскости $\{hkl\}$. Частными случаями этой общей формы служатъ:

$\{hhl\}$ Квадратная бипирамида 1-го рода.
$\{h0l\}$ Квадратная бипирамида 2-го рода.
$\{hk0\}$ Квадратная призма 3-го рода.
$\{110\}$ Квадратная призма 1-го рода.
$\{100\}$ Квадратная призма 2-го рода.
$\{001\}$ Базопинакоидъ.

Къ этому классу принадлежатъ шеелитъ $CaWO_4$; мейонитъ $Ca_4Al_6Si_6O_{25}$ — и др. Рис. 88 кристаллъ шеелита: P=$\{111\}$, n=$\{201\}$, a=$\{311\}$.

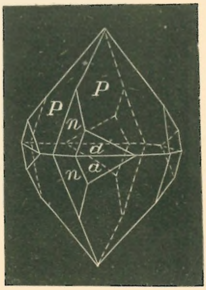

Рис. 88.

10) Классъ квадратной пирамиды.

(Гемиморфная тетартоэдрія или гемиморфная геміэдрія).

L^4.

Кристаллы, сюда относящіеся, обладаютъ единственнымъ элементомъ симметріи — осью 4-го порядка; остальные элементы отсутствуютъ. Представителемъ служитъ квадратная пирамида 3-го рода $\{hkl\}$ и $\{hk\bar{l}\}$ (рис. 89). Проэкція симметріи и полюсовъ $\{hkl\}$ изображена на рис. 90.

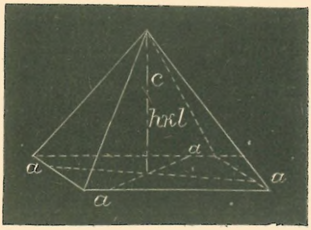

Рис. 89.

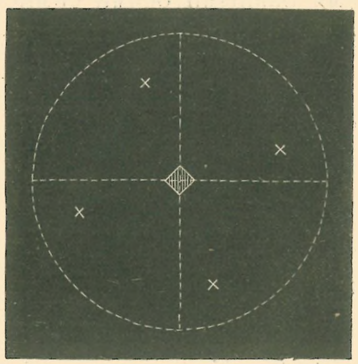

Рис. 90

Предѣльными формами являются:

$\{hhl\}$ и $\{hh\bar{l}\}$	Квадратныя пирамиды 1-го рода.
$\{hol\}$ и $\{ho\bar{l}\}$	Квадратныя пирамиды 2-го рода.
$\{hko\}$	Квадратная призма 3-го рода.
$\{110\}$	Квадратная призма 1-го рода.
$\{100\}$	Квадратная призма 2-го рода.
$\{001\}$ и $\{00\bar{1}\}$	Педіонъ верхній и нижній.

Сюда относятся вульфенитъ $PbMoO_4$ и двойная соль барія и антимонила правовращающей винной кислоты $Ba(SbO)_2(C_4H_4O_6)_2H_2O$. Гемиморфно-тетартоэдрическій характеръ послѣдняго вещества доказываетъ фигурами вытравливанія и пироэлектрическими особенностями.

11) Классъ квадратнаго скаленоэдра.

(Скаленоэдрическая или сфеноидическая геміэдрія).

$$L^2,\ 2L_1^2,\ 2P.$$

Характеризуется присутствіемъ трехъ взаимно-перпендикулярныхъ осей симметріи 2-го порядка и двухъ плоскостей симметріи, дѣлящихъ пополамъ уголъ между двумя равными осями симметріи 2-го порядка. Представителемъ служитъ квадратный скаленоэдръ $\{hkl\}$; видъ его и проэкція элементовъ симметріи съ полюсами плоскостей скаленоэдра изображены на рис. 91 и 92.

Очевидно, по положенію плоскостей можетъ быть два скаленоэдра $\{hkl\}$ и $\{h\bar{k}l\}$, которые по внѣшнему виду ничѣмъ другъ отъ друга не отличимы; различаются только относительнымъ расположеніемъ плоскостей въ комбинаціяхъ. Предѣльными формами служатъ:

$\{hhl\}$ Квадратный бисфеноидъ положительный (рис. 93) и

$\{h\bar{h}l\}$ квадратный бисфеноидъ отрицательный.

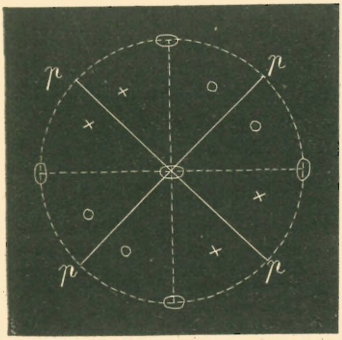

Рис. 91.

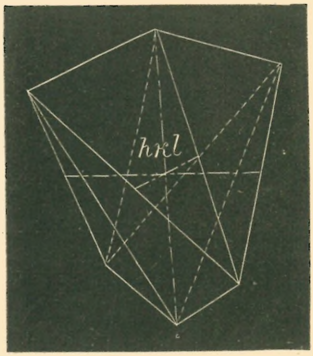

Рис. 92.

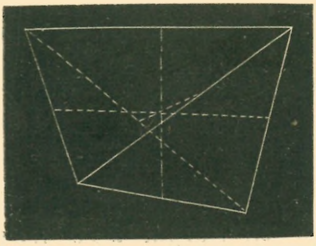

Рис. 93.

$\{h0l\}$ Квадратная бипирамида 2-го рода.
$\{hk0\}$ Восьмигранная призма.
$\{110\}$ Квадратная призма 1-го рода.
$\{100\}$ Квадратная призма 2-го рода.
$\{001\}$ Базопинакоидъ.

Сюда относятся: мѣдный колчеданъ $CuFeS_2$, однокаліевая соль ортофосфорной кислоты KH_2PO_4 и нѣкоторыя др.

12) Классъ квадратнаго бисфеноида.

(Сфеноидическая тетартоэдрія).

L^2.

Присутствуетъ только ось симметріи 2-го порядка L^2. Представителемъ служитъ квадратный бисфеноидъ $\{hkl\}$ 3-го рода, отличающійся отъ квадратнаго бисфеноида 1-го рода внутренней симметріей; внѣшній же видъ ихъ одинаковъ. Представителей этого класса квадратной системы пока еще неизвѣстно ни среди минераловъ, ни искусственныхъ соединеній.

III. Гексагональная система.

Благодаря особенному характеру симметріи кристалловъ, относящихся къ этой системѣ, удобнѣе пользоваться не тремя, а четырьмя координатными осями: три одинаковыя оси $(a, a, a,)$ пересѣкаются подъ угломъ въ 60^0 и лежатъ въ одной плоскости; четвертая (c) отъ первыхъ отличная, къ нимъ перпендикулярна. Согласно Бравэ, эти оси обозначаются: встрѣчающіяся подъ угломъ въ 120^0 положительными a_1, a_2, a_3, ихъ продолженія по другую сторону начала координатъ отрицательными: $\bar{a}_1, \bar{a}_2, \bar{a}_3$, (рис. 94 и 95).

Кристаллы гексагональной системы характеризуются постояннымъ присутствіемъ одной оси симметріи 6-го или 3-го порядковъ, къ которымъ могутъ присоединиться и другіе элементы симметріи.

Къ этой системѣ относится 12 различныхъ классовъ, отличающихся степенью своей симметріи.

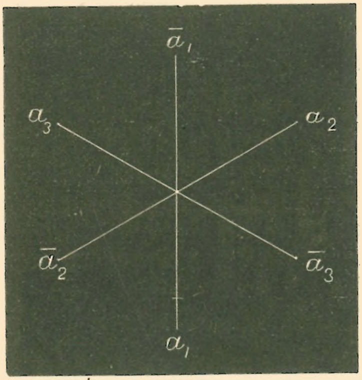

Рис. 94.

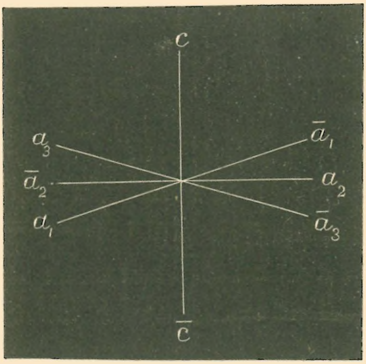

Рис. 95.

13) Классъ двѣнадцатигранной бипирамиды.

(Голоэдрія).

Присутствуютъ: $C, L^6; 6L^2, P, 6P^1$. Представителемъ служитъ двѣнадцатигранная бипирамида (рис. 96).

Форма ограничена 24 неравносторонними треугольниками. Кристаллическія оси проводятъ: главную ось c черезъ вершины противоположныхъ дигексагональныхъ угловъ (она такимъ обрззомъ совмѣщается съ осью симметріи 6-го порядка); боковыя оси соединяютъ противоположныя вершины ромбическпхъ угловъ одного характера, промежуточныя же, дѣлящія уголъ между ними пополамъ, ромбическіе углы другого характера. И тѣ и другія совпадаютъ съ осями симметріи 2-го порядка.

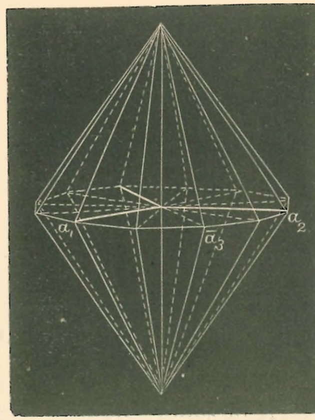

Рис. 96.

Если мы представимъ себѣ плоскость, которая пересѣкаетъ всѣ четыре коридатныя оси гексагональной системы на различныхъ разстояніяхъ, то, очевидно, ея индексы будутъ имѣть разное значеніе. Назовемъ одинъ изъ индексовъ, относящихся къ горизонтальнымъ осямъ, наименьшій h, наибольшій буквою k и средній i; индексъ вертикальной оси буквою l; онъ можетъ быть равенъ, больше или меньше указанныхъ индексовъ. Изобразимъ расположеніе кристаллическихъ боковыхъ осей на плоскости бумаги (главная ось будетъ къ ней перпендикулярна). Слѣдъ указанной выше плоскости съ различными индексами изобразится, напр., линіей IKH (рис. 97). Очевидно, параметрами ея будутъ:

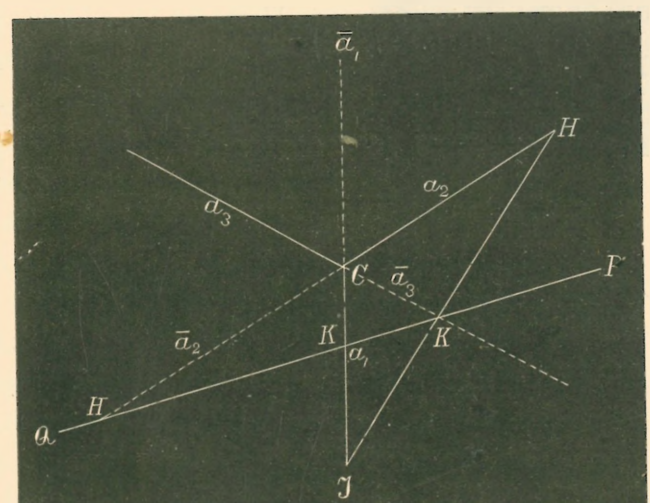

Рис. 97.

$$a_1 : a_2 : \bar{a}_3 : c$$
$$CI : CH : \overline{CK} : C$$

Стало быть, по нашему условію, индексы будутъ: по оси a_1—i; по оси a_2—h, и по оси $\bar{a}_3$—$\bar{k}$, по оси c—l; такимъ образомъ, символъ ея будетъ $\{ih\bar{k}l\}$.

Для всякой другой плоскости, имѣющей такіе же параметры, но расположенной иначе, тѣ же индексы будутъ слѣдовать одинъ за другимъ въ иномъ порядкѣ. Такъ напр., для плоскости, слѣдъ которой изображается линіей PQ, индексы будутъ итти въ такомъ порядкѣ $\begin{matrix} a & \bar{a}_2 & \bar{a}_3 & c \\ k & \bar{h} & \bar{i} & l \end{matrix}$; слѣдовательно символъ ея $\{k\bar{h}\bar{i}l\}$ и т. д.

Для того, чтобы найти видъ многогранника, удовлетворяющаго данной степени симметріи и имѣющаго грани съ индексами i, h, k, l, проэктируемъ, какъ это дѣлалось и въ другихъ системахъ, элементы симметріи на плоскость круга; получаемъ слѣдующій видъ (рис. 98).

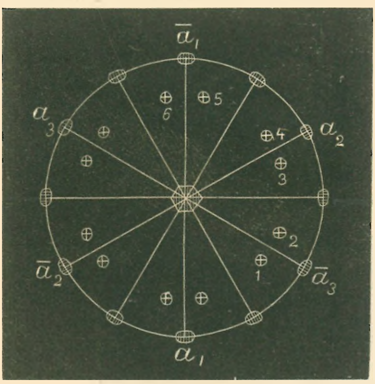

Рис. 98.

Полюсъ плоскости, имѣющій индексы $ih\bar{k}l$, будетъ находиться въ участкѣ $a_1\,c\,\bar{a}_3$, напр., въ O_1. Присутствіе плоскости симметріи, совпадающей съ кристаллическою осью $a_3\,\bar{a}_3$, требуетъ появленіе такъ же полюса O_2; плоскость симметріи PP обусловливаетъ появленіе полюса O_3 и т. д.

Должно появиться, такимъ образомъ, двѣнадцать плоскостей, полюсы которыхъ O_1—O_{12}. Получается 12-ти-гранная пирамида, которая благодаря присутствію плоскости симметріи, совпадающей съ кругомъ проэкціи, должна повториться въ видѣ зеркальнаго изображенія и по другую сторону главной оси (оси симметріи 6-го порядка), т. е. должна получиться двойная двѣнадцатигранная пирамида (бипирамида).

Частными случаями ея будутъ слѣдующія многогранники:

1) Если плоскость MN приметъ такое положеніе, что по двумъ боковымъ осямъ, напр., по a_1 и $\bar{a}_3$, сдѣлаетъ одинаковые отрѣзки ca_1 и $c\bar{a}_3$, а третьей оси a_2 будетъ параллельна (рис. 99), то ея индексы будутъ $h=0$, $i=k$, т. е. символъ $\{10\bar{1}1\}$. Эта плоскость должна повториться шесть разъ (благодаря присутствію оси 6-го порядка (c) и плоскостей симметріи $a_3\bar{a}_3$, $a_2\bar{a}_2$, $a_1\bar{a}_1$. Получается гексагональная пирамида, которая повторится такъ же и по другую сторону главной оси, т. е. индексамъ $10\bar{1}1$ отвѣчаетъ гексагональная двойная пирамида (бипирамида), которую называютъ бипирамидой 1-го рода (рис. 100). Очевидно, ея полюсы располагаются на линіяхъ, дѣлящихъ пополамъ углы между кристаллографическими осями (рис. 101).

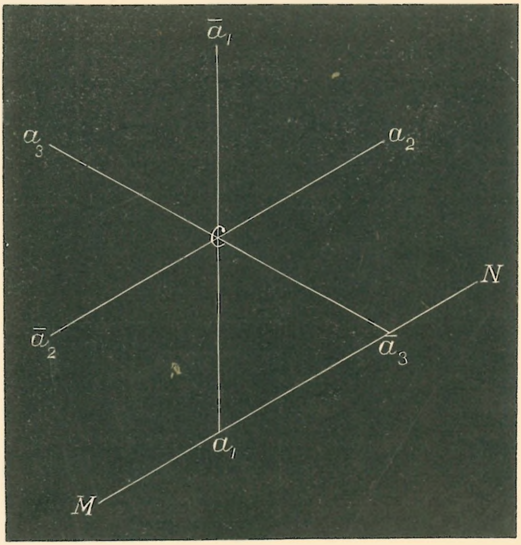

Рис. 99.

2) Плоскость MN приметъ такое положеніе, что по одной оси, напр., по оси $\bar{a}_3$ (рис. 102) сдѣлаетъ наименьшій отрѣзокъ, а по двумъ другимъ a_1 и a_2 одинаковые и большіе отрѣзки. Легко видѣть, что первый отрѣзокъ CK будетъ въ два раза меньше двухъ послѣднихъ Ca_1 и Ca_2, т. е. символъ такой плоскости MN будетъ $(11\bar{2}1)$. Соотвѣтственно

данной степени симметріи (присутствію оси симметріи 6-го порядка и плоскости симметріи къ ней перпендикулярной)

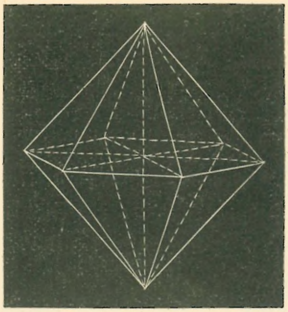

Рис. 100.

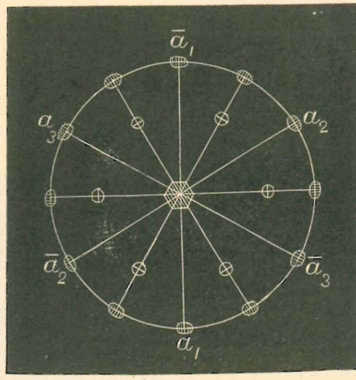

Рис. 101.

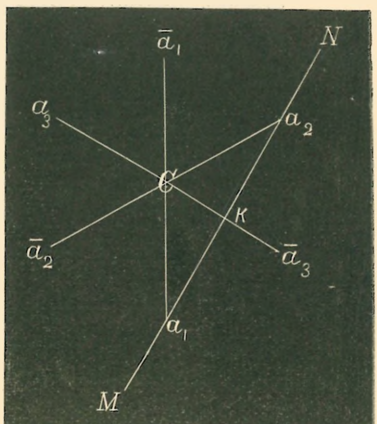

Рис. 102.

эта плоскость должна повториться шесть разъ съ одной и другой стороны плоскости проэкціи, т. е. должна получиться гексагональная двойная пирамида (бипирамида), по наружному виду ничѣмъ не отличимая отъ гексагональной бипирамиды 1-го рода. Различіе ихъ заключается только въ расположенiи плоскостей относительно координатныхъ осей (рис. 103). Послѣдней бипирамидѣ даютъ названiе гексагональной бипирамиды 2-го рода. Расположенiе ея полюсовъ въ сферической проэкцiи изображено на рис. 104.

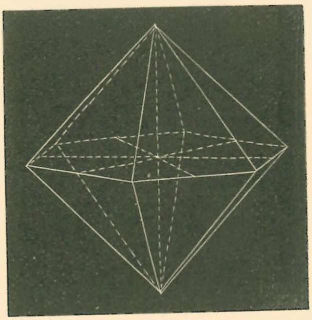

Рис. 103.

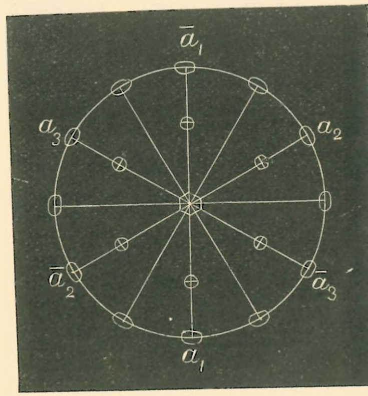

Рис. 104.

Три указанныя бипирамиды превращаются въ призмы если параметры пирамидъ по оси Z сдѣлаются безконечно большими, такимъ образомъ индексъ $l = 0$. Предѣльными формами дигексагональной (двѣнадцатигранной) бипирамиды будутъ:

$\{ih\bar{k}o\}$ Двѣнадцатигранная призма.

$\{10\bar{1}0\}$ Для бипирамиды 1-го рода — призма 1-го рода

$\{11\bar{2}0\}$ Для бипирамиды 2-го рода — призма 2-го рода.

(Рис. 105, 106 и 107).

Эти призмы соотвѣтствуютъ тѣмъ случаямъ, когда полюсы плоскостей упадутъ на окружность круга проэкцiи.

Наконецъ, если всѣ параметры по горизонтальнымъ осямъ будутъ безконечны, то получится форма съ индексами $\{0001\}$, состоящая изъ двухъ параллельныхъ плоскостей, пересѣкающихъ оба конца оси симметрiи 6-го порядка, — основной пинакоидъ.

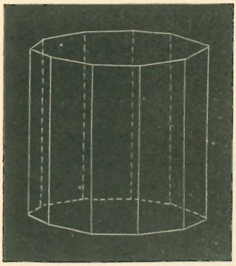

Рис. 105.

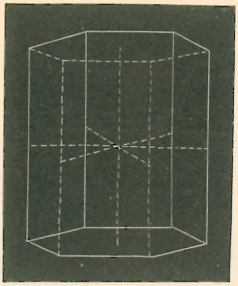

Рис. 106.

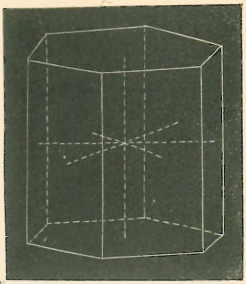

Рис. 107.

Итакъ, въ классѣ дигексагональной бипирамиды существуютъ формы, отвѣчающія символамъ:

$\{ih\bar{k}l\}$ Дигексагональная бипирамида.

$\{i0\bar{i}l\}$ Гексагональная бипирамида 1-го рода.

$\{ii\bar{2}il\}$ Гексагональная бипирамида 2-го рода.

$\{ih\bar{k}0\}$ Дигексагональная призма.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{11\bar{2}0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{0001\}$ Основной пинакоидъ (базопинакоидъ).

Къ этому классу принадлежатъ кристаллы берилла $(Be_3Al_2)(SiO_3)_6$. Рис. 108; $M = \{10\bar{1}0\}$, $p = \{10\bar{1}1\}$ $s = \{11\bar{2}1\}$, $m = \{0001\}$.

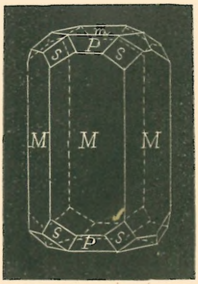

Рис. 108.

14) Классъ двѣнадцатигранной (дигексагональной) пирамиды.

(Гексагонально-гемиморфный классъ).

L^6, 6P.

Величина симметріи выражается присутствіемъ L^6, 6P.

Наиболѣе общею здѣсь служитъ форма, грани которой выражаются индексами $i h \bar{k} l$. Таких граней по условію симметріи должно быть двѣнадцать, т. е. изъ нихъ должна составиться двѣнадцатигранная пирамида (рис. 109); грани ея могутъ пересѣкать (кромѣ боковыхъ осей) или верхній конецъ оси Z, — тогда индексъ будетъ положительный, или нижній Z, въ такомъ случаѣ индексъ будетъ отрицательный $\bar{l}$, т. е. могутъ быть двѣ дигексагональныхъ пирамиды: верхняя $\{i h \bar{k} l\}$ и нижняя $\{i h \bar{k} \bar{l}\}$.

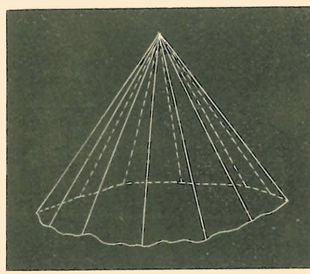

Рис. 109.

Частными ихъ случаями, какъ и въ предыдущемъ классѣ, будутъ:

$\{i o \bar{i} l\}$ и $\{i o \bar{i} \bar{l}\}$ Гексагональная пирамида 1-го рода верхняя и нижняя.

$\{i i 2 \bar{i} l\}$ и $\{i i 2 \bar{i} \bar{l}\}$ Гексагональная пирамида 2-го рода верхняя и нижняя.

$\{i h \bar{k} o\}$ Дигексагональная призма.

$\{1 0 \bar{1} 0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{1 1 \bar{2} 0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{0 0 0 1\}$ и $\{0 0 0 \bar{1}\}$ Педіонъ верхній и нижній.

Сюда принадлежатъ кристаллы греенокита (CdS), вурцита (ZnS) и др. Рис. 110 изображаетъ кристаллъ греенокита. $\infty P = \{10\bar{1}0\}$, $2P = \{20\bar{2}1\}$, $P = \{10\bar{1}1\}$, $1/_2 P = \{10\bar{1}2\}$, $_0P = \{0001\}$.

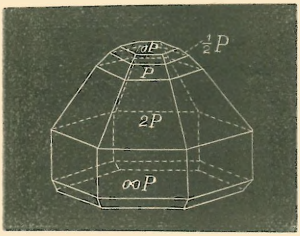

Рис. 110.

15) Классъ гексагональнаго трапецоэдра.

(Трапецоэдрическая гемiэдрiя).

Степень симметрiи L^6, $6L^2$.

Представителемъ служитъ гексагональный трапецоэдръ, грани котораго имѣютъ параметры по всѣмъ осямъ различные, слѣдовательно индексы граней будутъ i, h, $\bar{k}$, l. Такимъ образомъ, символъ гексагональнаго трапецоэдра: $\{i h \bar{k} l\}$. Грани имѣютъ видъ трапецоидовъ, однѣ стороны которыхъ сходятся на оси симметрiи 6-го порядка (сверху и снизу); два рода другихъ лежатъ зигзагомъ. Чрезъ ихъ средины проходятъ оси симметрiи 2-го порядка (они же и кристаллическiя оси). Ось симметрiи 6-го порядка (она же и главная кристаллическая ось) соединяетъ вершины шестигранныхъ (гексагональныхъ) угловъ. Смотря по расположенiю плоскостей относительно координатныхъ осей, возможны двѣ формы съ одними и тѣми же индексами, удовлетворяющiя данной степени симметрiи,—два гексагональныхъ трапецоэдра, ограниченные одинаковыми плоскостями, но несовмѣстимые другъ съ другомъ, формы энантіоморфныя. Одному изъ нихъ, у котораго символъ передней правой верхней плоскости $(i h \bar{k} l)$, даютъ названіе праваго (его плоскость приходится въ верхнемъ правомъ секстантѣ на его правой сторонѣ (рис. 112); другой, верхняя правая грань котораго имѣетъ символъ $(k h \bar{i} l)$, т. е. лежитъ на лѣвой сторонѣ верхняго передняго праваго секстанта, называютъ лѣвымъ (рис. 111). Существованіе такихъ формъ вытекаетъ

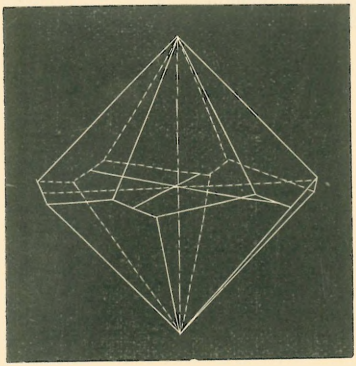

Рис 111.

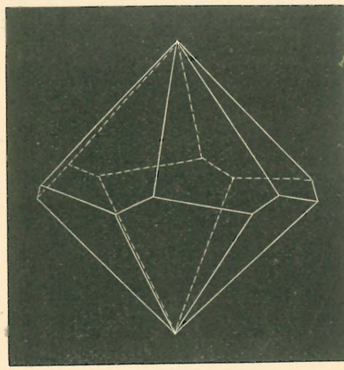

Рис. 112.

изъ разсмотрѣнія проэкціи элементовъ симметріи и полюсовъ плоскостей съ индексами i, h, k, l. Здѣсь возможно двоякое распредѣленіе полюсовъ: 1) изображенное на рис. 113—правый трапецоэдръ $\{i h \bar{k} l\}$, 2) на рис. 114—лѣвый трапецоэдръ $\{k h \bar{i} l\}$.

Изъ разсмотрѣнія возможныхъ положеній полюсовъ плоскостей трапецоэдра, легко вывести формы, представляющія его частные случаи (какъ и въ другихъ классахъ).

Онѣ будутъ, очевидно, слѣдующія:

$\{10\bar{1}1\}$ Гексагональная бипирамида 1-го рода.

$\{11\bar{2}1\}$ Гексагональная бипирамида 2-го рода.

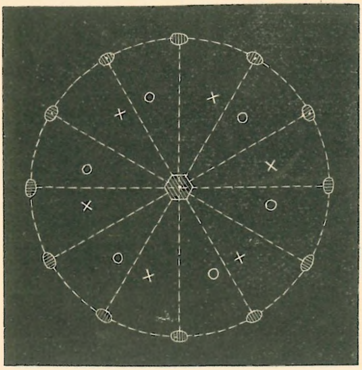

Рис. 113.

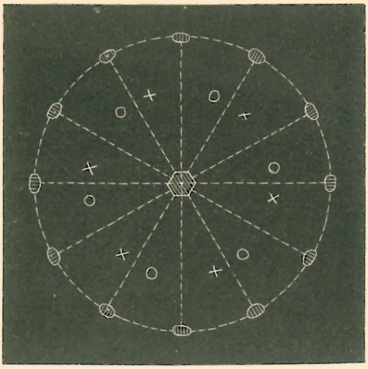

Рис. 114.

$\{i\bar{h}ko\}$ Дигексагональная призма.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{11\bar{2}0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{0001\}$ Основной пинакоидъ (базисъ).

Очевидно, здѣсь только трапецоэдры представляютъ особенные многогранники; остальные же по наружному виду тождественны съ формами голоэдрическими. Онѣ отличаются отъ послѣднихъ симметріей внутренняго строенія.

Къ классу гексагональнаго трапецоэдра относятся кристаллы двойныхъ солей правой винной кислоты и азотнокислаго калія: $Pb(SbO)_2\,(C_4H_4O_6)_2 + KNO_3$; $Ba(S6O)_2(C_4H_4O_6)_2 + KNO_3$. Принадлежность ихъ къ данному классу доказывается фигурами вытравливанія (рис. 115).

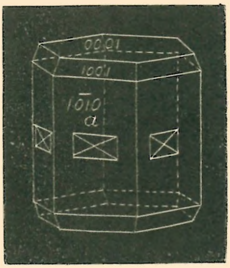

Рис. 115.

16) Классъ гексагональной бипирамиды.

(Пирамидальная гемiэдрiя).

Степень симметрiи C, L^6, P. Плоскость симметрiи перпендикулярна къ L^6.

Представителемъ служитъ двойная гексагональная пирамида, плоскости которой имѣютъ индексы i, h, k, l, называемая бипимирамидою 3-го рода. Ея видъ и проэкцiя изображены на рисункахъ 116 и 117. Очевидно, по наружному

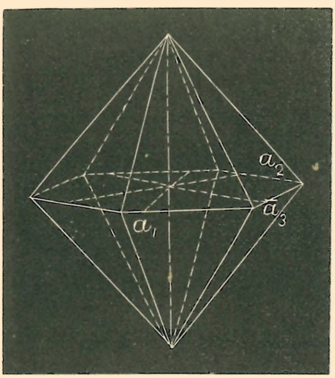

Рис. 116.

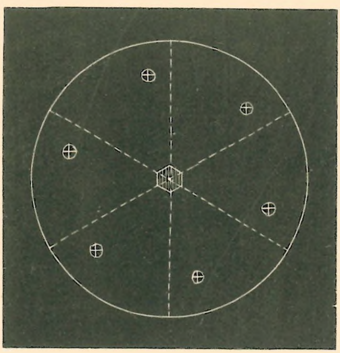

Рис. 117.

своему виду бипирамиды 3-го рода неотличимы отъ другихъ гексагональныхъ бипирамидъ; но по положенiю въ комбинацiяхъ и по внутреннему строенiю онѣ отвѣчаютъ только данной степени симметрiи.

Изъ проэкцiи рис. 117 легко видѣть, что возможны двѣ бипирамиды 3-го рода; кромѣ даннаго расположенiя полюсовъ, отвѣчающихъ формѣ $\{k\overline{h}il\}$, здѣсь возможно и другое (рис. 118), отвѣчающее формѣ $\{ih\overline{k}l\}$. Первая называется лѣвой, а вторая правой бипирамидой 3-го рода.

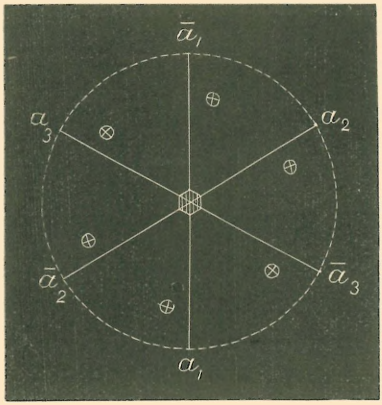

Рис. 118.

При соотвѣтствующемъ измѣненіи индексовъ, предѣльными формами бипирамиды 3-го рода являются:

$\{10\bar{1}1\}$ Гексагональная бипирамида 1-го рода.

$\{112\bar{1}\}$ Гексагональная бипирамида 2-го рода.

$\{ih\bar{k}0\}$ $\{k\bar{h}\bar{i}0\}$ Гексагональная призма 3-го рода.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{10\bar{2}0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{0001\}$ Основный пинакоидъ (базисъ).

Такимъ образомъ, получающіяся формы имѣютъ тотъ же видъ, какъ и одноименныя формы въ другихъ классахъ; но онѣ отличаются отъ послѣднихъ симметріей внутренняго строенія. Такъ призма 1-го рода на кристаллахъ апатита $(Cl, F)Ca_5(PO_4)_3$, по фигурамъ вытравливанія, имѣетъ только одну плоскость симметріи, а $\{0001\}$ только ось 6-го порядка.

Кромѣ апатита къ этому классу принадлежатъ: пироморфитъ $ClPb_5(PO_4)_3$, миметизитъ $ClPb_5.(AsO_4)_3$ и др. Рис. 119 изображаетъ кристаллъ апатита: $M=\{10\bar{1}0\}$, $x=\{10\bar{1}1\}$, $p=\{0001\}$ $S=\{11\bar{2}1\}$, $u=\{21\bar{3}1\}$.

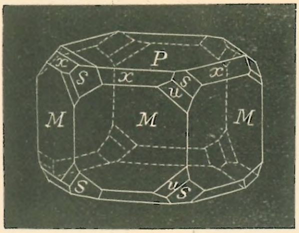

Рис. 119.

17) Классъ гексагональной пирамиды.

(Гемиморфно-гемiэдрическiй классъ или гемиморфная тетартоэдрiя).

L^6.

Классъ этотъ находится въ такомъ же отношенiи къ предшествующему, въ какомъ дигексагональная пирамида къ дигексагональной бипирамидѣ, т. е. формы, сюда относящiяся, можно разсматривать (съ внѣшней стороны), какъ половины—верхнюю и нижнюю—соотвѣтствующихъ формъ предшествующаго класса: въ нихъ нѣтъ плоскости симметрiи, перпендикулярной къ оси симметрiи 6-го порядка. Степень симметрiи выражается присутствiемъ только послѣдней; никакихъ другихъ элементовъ симметрiи не имѣется. Самою общею формой служитъ гексагональная пирамида 3-го рода, плоскости которой выражаются индексами i, h, k, l; такимъ образомъ, символъ названной формы будетъ или $(ih\bar{k}l)$ — правая верхняя пирамида 3-го рода, или $(khil)$ лѣвая верхняя пирамида 3-го рода; кромѣ этихъ, могутъ быть правая и лѣвая нижнія пирамиды съ символами $(ih\overline{kl})$ и $(k\,\overline{h\,i\,l})$. Правая верхняя пирамида 3-го рода изображена на рис. 120; проэкція лѣвойна рис. 121. По наружному виду

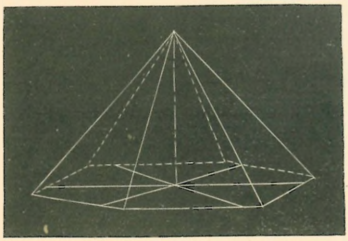

Рис. 120.

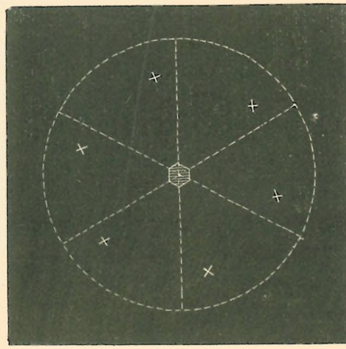

Рис. 121.

гексагональная пирамида 3-го рода совершенно сходна съ пирамидой 1-го и 2-го рода. Отличается отъ нихъ только положеніемъ въ комбинаціяхъ: боковыя кристаллическія оси выходятъ несимметрично относительно реберъ пирамиды.

Частными случаями гексагональной пирамиды 3-го рода будутъ:

$\{10\bar{1}1\}$ и $\{10\bar{1}\bar{1}\}$ Гексагональная пирамида 1-го рода — верхняя и нижняя.

$\{11\bar{2}1\}$ и $\{11\bar{2}\bar{1}\}$ Гексагональная пирамида 2-го рода — верхняя и нижняя.

$\{ih\bar{k}0\}$ и $\{k\bar{h}\bar{i}0\}$ Гексагональная призма 3-го рода — правая и лѣвая.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{11\bar{2}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{0001\}$ и $\{000\bar{1}\}$ Базисъ (педіонъ) верхній и нижній.

Вслѣдствіе полярности оси симметріи 6-го порядка кристаллы этого класса обладаютъ пироэлектрическими свойствами.

Сюда принадлежатъ: нефелинъ $(Na, K)_8 Al_8 Si_9 O_{34}$; двойная сѣрнокислая соль калія и литія $LiKSO_4$ и нѣкоторыя соли правой винной кислоты.

Нижеслѣдующіе классы гексагональной системы обладаютъ осью симметріи 3-го порядка, къ которой присоединяются также центръ симметріи, оси симметріи 2-го порядка и плоскости симметріи. Не всѣ классы, теоретически возможные, въ настоящее время извѣстны. Къ такимъ принадлежатъ: классъ 18) дитригональной бипирамиды (тригональная геміэдрія) и 19) тригональной бипирамиды (тригональная тетартоэдрія).

Симметрія перваго изъ нихъ выражается присутствіемъ L^3, $3L^2$, P (перпендикулярна къ L^3) и $3P^1$ (пересѣкающіяся въ оси симметріи 3-го порядка). Во второмъ же находятся L^3 и P (перпендикулярная къ L_3).

Какъ уже указано было выше, представителей этихъ двухъ классовъ между кристаллами пока не найдено.

20) Классъ дитригональнаго скаленоэдра.

(Ромбоэдрическая геміэдрія).

Степень симметріи: C, L^3, $3L^2$, $3P$. Плоскости симметріи дѣлятъ углы между осями симметріи 2-го порядка пополамъ. Представителемъ служитъ дитригональный (гексагональный) скаленоэдръ, грани котораго имѣютъ индексы i, h, k, l; (рис. 122).

Если представить въ проэкціи величину симметріи даннаго класса и полюсы плоскостей, которыя своимъ расположеніемъ будутъ удовлетворять данной степени симметріи, то очевидно, возможны два многогранника съ одинаковыми индексами плоскостей, рис. 124 и 123.

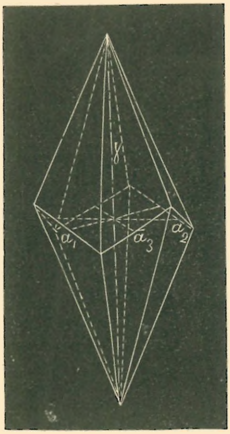

Рис. 122.

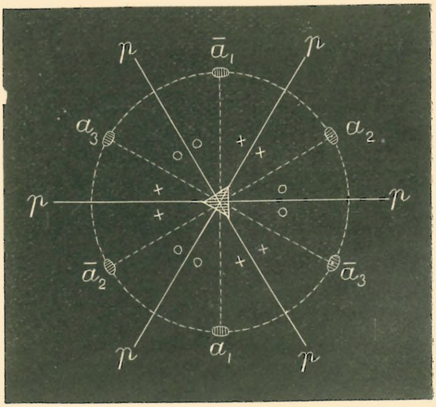

Рис. 123.

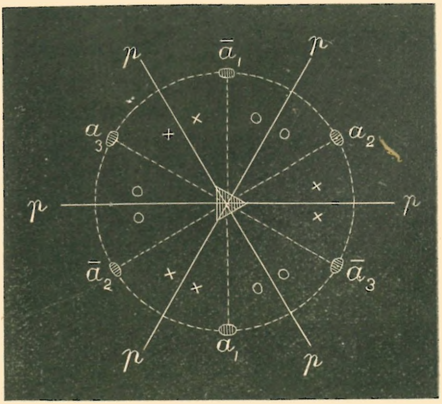

Рис. 124.

Если поставить всю систему элементовъ симметріи такимъ образомъ, что бы L^3 стояла вертикально, ось а, (L^2) къ наблюдателю прямо, то полюсы верхнихъ передних граней будутъ находиться направо отъ оси a_1 (рис. 123), или на лѣво отъ нея (рис. 124); первый скаленоэдръ, символъ котораго выражается $\{i\ h\ \bar{k}\ l\}$, называется положительнымъ (его плоскости лежатъ противъ верхняго передняго праваго секстанта); второй же съ символомъ $\{h\ i\ \bar{k}\ l\}$—отрицательнымъ (его плоскости лежатъ противъ верхняго передняго лѣваго секстанта). Формы эти совершенно тождественны и могутъ быть различимы только въ комбинаціяхъ.

Если въ индексахъ i, h, $\bar{k}$, одинъ сдѣлается равнымъ o, то два остальные ставятся равными между собою, т. е. будетъ $(i\ o\ \bar{i}\ l)$. Плоскость съ подобными индексами (ея полюсъ придется въ плоскости симметріи), соотвѣтственно данной степени симметріи, должна повториться вокругъ L^3 три раза, т. е. ея полюсы упадутъ въ точки O_1, O_2, O_3. Присутствіе центра симметріи вызоветъ появленіе трехъ другихъ плоскостей, параллельныхъ первымъ и лежащихъ по другую сторону круга проэкціи т. е. ихъ полюсы будутъ въ точкахъ $\times_1$, $\times_2$, $\times_3$, (рис. 125a). Получающаяся форма ограничена шестью ромбическими плоскостями и называется ромбоэдромъ 1-го рода (рис. 125b). Главная кристаллографическая ось, какъ

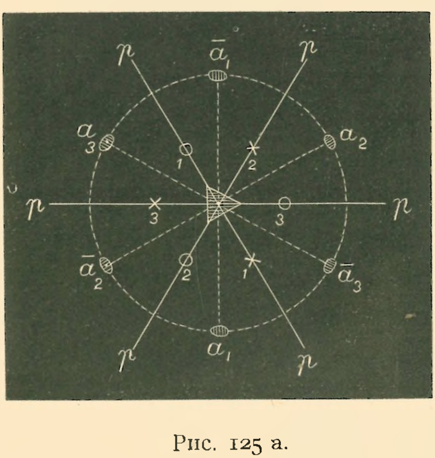

Рис. 125 a.

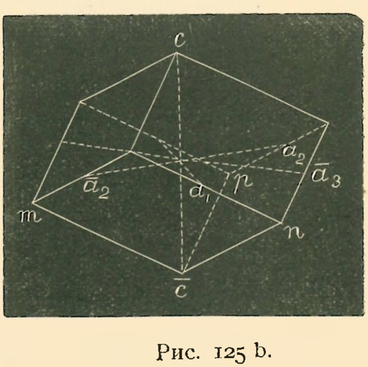

Рис. 125 b.

и у скаленоэдра, совмѣщается съ L^3, боковыя же съ L^2. Смотря по положенію плоскостей (а слѣдовательно и плюсовъ) на правой или на лѣвой сторонѣ отъ оси a_1, различаютъ: положительный $\{10\bar{1}1\}$ и отрицательный ромбоэдръ $\{01\bar{1}1\}$. Взятые отдѣльно, они неотличимы другъ отъ друга, но положеніе въ комбинаціяхъ у нихъ различно.

Для другихъ предѣльныхъ случаевъ мы получимъ:

$\{11\bar{2}1\}$ Гексагональная бипирамида 2-го рода.

$\{ih\bar{k}o\}$ Дигексагональная призма.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{11\bar{2}0\}$ Гексагональная призма 2-го рода.

$\{0001\}$ Базисъ или основной пинакоидъ.

Эти формы по наружному виду совершенно тождественны съ такими же формами другихъ классовъ гексагональной

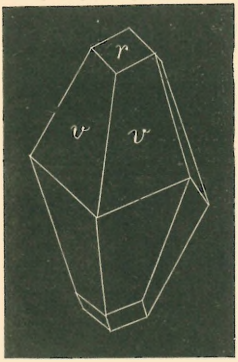

Рис. 126.

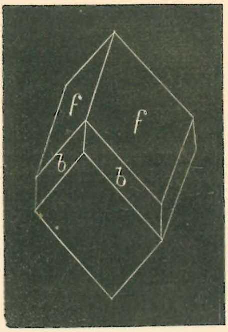

Рис. 127.

системы, но ихъ внутреннее строеніе отвѣчаетъ симметріи дитригональнаго скаленоэдра. Къ этому классу относятся чрезвычайно разнообразные кристаллы известковаго шпата $CaCO_3$; также желѣзнаго блеска Fe_2O_3, корунда Al_2O_3 и др. Рис. 126 и 127 представляютъ кристаллы известковаго $r = \{10\bar{1}1\}$, $v = \{21\bar{3}1\}$, $f = \{02\bar{2}1\}$, $b = \{11\bar{2}0\}$.

21) Классъ дитригональной пирамиды.

(Гемиморфная гемiэдрiя).

Присутствуютъ L^3 и $3P$.

Плоскости симметрiи пересѣкаются въ оси симметрiи 3-го порядка. Главная кристаллическая ось совмѣщается съ L^3; боковыя проходятъ на равномъ разстоянiи отъ плоскостей симметрiи; представителемъ служитъ дитригональная пирамида, плоскости которой имѣютъ индексы i, h, $\bar{k}$, l (рис. 128 и 129). Возможны четыре дитригональныя пира-

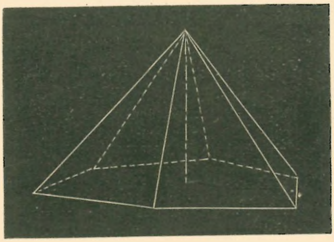

Рис. 128.

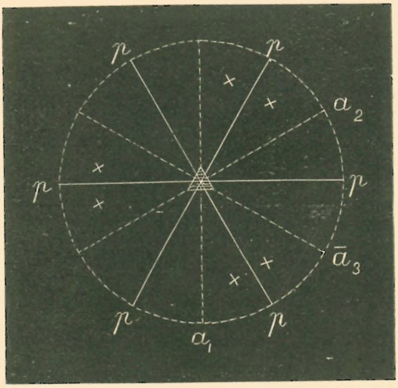

Рис. 129.

миды съ одними и тѣми же индексами граней, по наружному виду совершенно сходныя между собою, но отличающiяся положенiемъ въ комбинацiяхъ. Для одной символъ будетъ $\{i h \bar{k} l\}$ — это положительная верхняя дитригональная пирамида (рис. 129); $\{h i \bar{k} l\}$ — верхняя отрицательная дитригональная пирамида; $\{i h \bar{k} \bar{l}\}$ — нижняя положительная и $\{h i \bar{k} \bar{l}\}$ — нижняя отрицательная дитригональная пирамида.

Частными случаями будутъ: если $h = o$, то получится:

$\{i o \bar{i} l\}$ Тригональныя пира-

$\{o i \bar{i} l\}$ миды, положитель-

$\{10\overline{1l}\}$ $\{01\overline{1l}\}$	ныя и отрицательныя, верхнія и нижнія.
$i = h$; $\{112\bar{1}l\}$ и $\{112\overline{1l}\}$	Гексагональная пирамида 2-го рода, верхняя и нижняя.
$l = 0$; $\{ih\bar{k}0\}$ и $\{hi\bar{k}0\}$	Дитригональныя призмы положительная и отрицательная.
$\{10\bar{1}0\}$ и $\{01\bar{1}0\}$	Тригональныя призмы положительная и отрицательная.
$\{11\bar{2}0\}$	Гексагональная призма 2-го рода.
$\{0001\}$ и $\{000\bar{1}\}$	Базисъ (педіонъ) верхній и нижній.

Примѣромъ могутъ служить: кристаллы турмалина (рис. 130) $a = (10\bar{1}0)$, $o = (02\bar{2}1)$ и $p = (10\bar{1}1)$ и $p' = (01\overline{11})$. Пираргиритъ $3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$; спанголитъ $(AlCl)SO_4 6Cu(OH)_2 3H_2O$; паратолилъ - фенилъ - кетонъ $C_6H_5COC_7H_7$ (рис. 131) $a = (01\bar{1}1)$, $a^1 = (10\bar{1}0)$, $r = (10\bar{1}1)$, $s = (01\bar{1}2)$, $r^1 = (01\overline{11})$ и $s^1 = (10\overline{11})$.

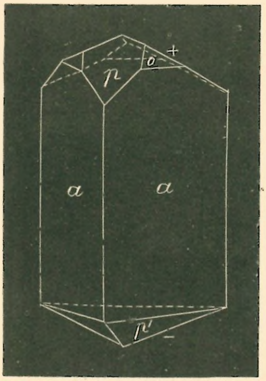

Рис. 130.

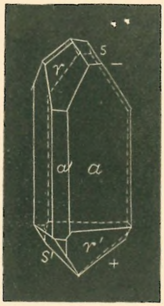

Рис. 131.

22) Классъ тригональнаго трапецоэдра.

(Трапецоэдрическая тетартоэдрія).

Присутствуютъ L^3 и $3L^2$.

Оси симметріи 2-го порядка обладаютъ полярностью. Кристаллическія оси совмѣщаются съ осями симметріи. Общею формою служитъ тригональный трапецоэдръ, видъ котораго изображенъ на рис. 132 (его проэкція на рис. 133 и 134).

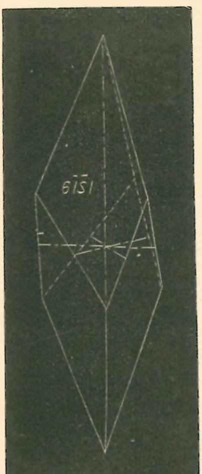

Рис. 132.

Лѣвый положит. тригон. трапецоэдръ.

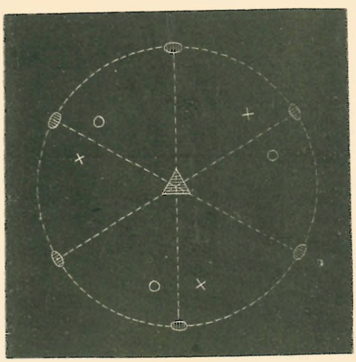

Рис. 133.

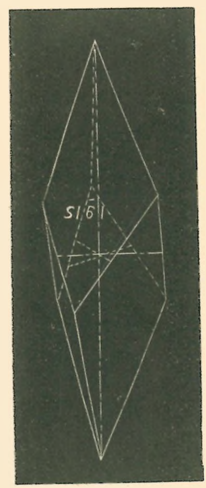

Рис. 134.

Правый положит. тригон. трапецоэдръ.

Изъ разсмотрѣнія расположенія полюсовъ указанной формы не трудно видѣть, что возможны четыре вида расположенія полюсовъ, а слѣдовательно—четыре тригональные трапецоэдра.

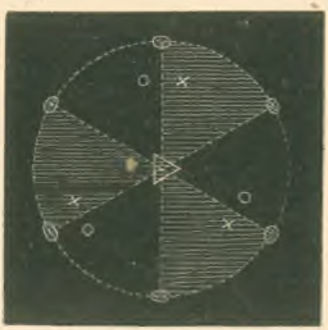

Рис. 135.

$\{ih\bar{k}l\}$ правый положит. тригон. трапецоэдръ.

Рис. 136.

правый отриц. тригон. трапецоэдръ.
$\{\bar{h}k\bar{i}l\}$ или $\{k\bar{i}\bar{h}l\}$

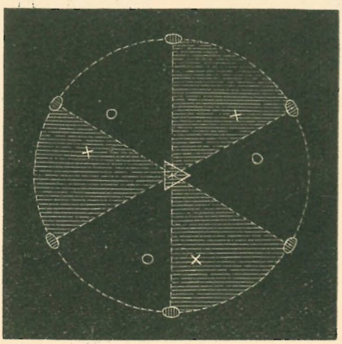

Рис. 137.

$\{k\bar{h}\bar{i}l\}$ лѣвый положит. тригон. трапецоэдръ.

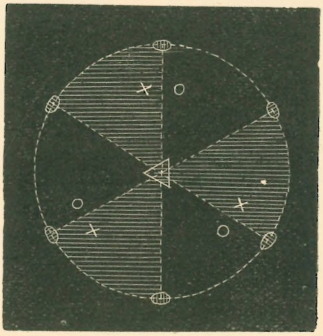

Рис. 138.

лѣвый отриц. тригон. трапецоэдръ.
$\{hi\bar{k}l\}$ или $\{\overline{ikh}l\}$

Какъ видно изъ расположенія полюсовъ, правый и лѣвый трапецоэдры одного знака между собою энантіоморфны; напротивъ, правый положительный (рис. 135) и правый отрицательный (рис. 136), такъ же лѣвый положительный (рис. 137) и лѣвый отрицательный трапецоэдры (рис. 138) совмѣщаются другъ съ другомъ послѣ поворота на 60^0.

Предѣльными формами будутъ:

$\{10\bar{1}1\}$ и $\{01\bar{1}1\}$ Ромбоэдръ положительный и отрицательный.

$\{11\bar{2}\bar{1}\}$ и $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$ Правая и лѣвая тригональныя бипирамиды (рис. 139 и 140).

$\{ih\bar{k}o\}$ и $\{k\bar{h}io\}$ Правая и лѣвая дитригональныя призмы.

$\{10\bar{1}0\}$ Гексагональная призма 1-го рода.

$\{11\bar{2}0\}$ и $\{2\bar{1}\bar{1}0\}$ Правая и лѣвая тригональная призмы.

$\{0001\}$ Базисъ или основной пинакоидъ.

Къ этому классу принадлежитъ кварцъ SiO_2, у котораго извѣстны правыя и лѣвыя формы (рис. 141 и 142)

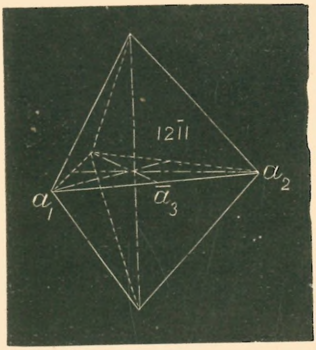

Рис. 139.

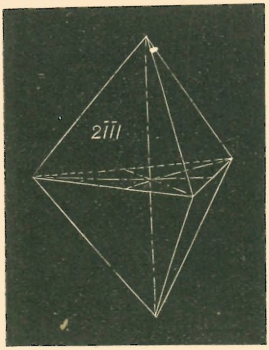

Рис. 140.

$a = \{10\bar{1}0\}$, $p = \{10\bar{1}1\}$, $z = \{01\bar{1}1\}$; $s = \{11\bar{2}1\}$ и $S_1 = \{2\bar{1}\bar{1}1\}$ (правая и лѣвая тригональныя бипирамиды);

$\{51\bar{6}1\}$ и $x_1 = \{6\bar{1}\bar{5}1\}$, правый и лѣвый тригональные трапецоэдры.

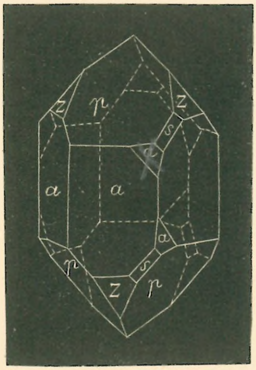

Рис. 141.

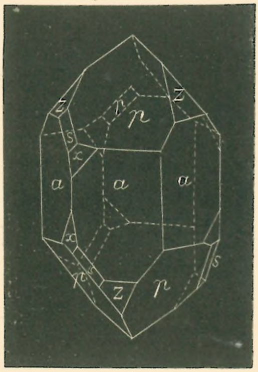

Рис. 142.

Сюда же относятся: киноварь HgS; виннокислый рубидій $Rb_2C_4H_4O_6$ и др.

23) Ромбоэдрическій классъ.

(Ромбоэдрическая тетартоэдрія).

Присутствуютъ C и L^3.

Представителемъ служитъ ромбоэдръ 3-го рода, индексы плоскостей котораго i, h, k, l. Общій видъ формы и ея проэкція изображены на рис. 143 и 144.

Изъ рисунка очевидно, что ромбоэдръ 3-го рода по внѣшнему виду совершенно тождественъ съ ромбоэдромъ 1-го рода; отличается только положеніемъ въ комбинаціяхъ, когда его плоскости имѣютъ идексы i, h, k, l, а также внутреннимъ строеніемъ, опредѣляемымъ фигурами вытравленія, которыхъ видъ и расположеніе удовлетворяютъ симметріи даннаго класса.

Изъ проэкціи видно также, что возможны четыре ромбоэдра съ индексами i, h, k, l, удовлетворяющіе данной сте-

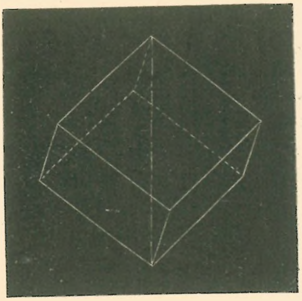

Рис. 143.

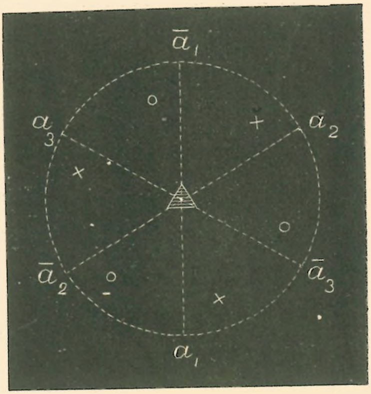

Рис. 144.

пени симметріи (какъ и въ классѣ тригональнаго трапецоэдра): $\{i\ h\ \bar{k}\ l\}$—правый положительный, $\{k\ \overline{h}\ \overline{i}\ l\}$ — лѣвый положительный; $\{\bar{h}\ k\ \bar{i}\ l\}$—правый отрицательный и $\{h\ i\ \bar{k}\ l\}$—лѣвый отрицательный.

Для другихъ возможныхъ значеній индексовъ и положенія полюсовъ получатся:

$\{i\ o\ \bar{i}\ l\}$ и $\{o\ i\ \bar{i}\ l\}$	Ромбоэдръ 1-го рода положительный и отрицатательный.
$\{i\ i\ 2\bar{i}\ l\}$ и $\{2\ i\ i\ \bar{i}\ l\}$	Ромбоэръ 2-го рода правый и лѣвый.
$\{i\ h\ \bar{k}\ o\}$ и $\{h\ i\ \bar{k}\ o\}$	Правая и лѣвая гексагональная призма 3-го рода.
$\{10\bar{1}0\}$	Гексагональная призма 1-го рода.
$\{11\bar{2}0\}$	Гексагональная призма 2-го рода.
$\{0001\}$	Базисъ.

Къ данному классу принадлежатъ: доломитъ $CaCO_3, MgCO_3$ діоптазъ H_2CuSiO_4; кристаллъ послѣдняго изображенъ на рис. 145 $b = (11\bar{2}0)$—призма 2-го рода; $r = (02\bar{2}1)$ ромбоэдръ 1-го рода отрицательный и $S = (\bar{1}.\ 14.\ \overline{13}.\ 6.)$ ромбоэдръ 3-го рода правый отрицательный. Сюда же принадлежатъ фенакитъ $BeSiO_4$ и др.

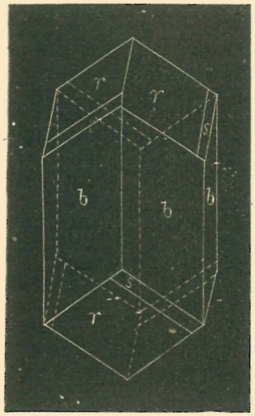

Рис. 145.

24) Классъ тригональной пирамиды.

(Огдоэдрія).

L^3.

Присутствуетъ только ось симметріи 3-го порядка. Общею формою служитъ тригональная пирамида (верхняя или нижняя) 3-го рода, плоскости которой имѣютъ индексы i, h, k, l. Видъ ея и проэкція изображены на рис. 146 и 147.

Очевидно, возможны восемь тригональныхъ пирамидъ съ одними и тѣми же индексами: четыре верхнихъ и четыре нижнихъ.

Какъ между верхними, такъ и между нижними различаютъ правыя и лѣвыя положительныя $\{i\,h\,\bar{k}\,l\}$ и $\{k\,\bar{h}\,i\,l\}$ и правыя и лѣвыя отрицательныя $\{\bar{h}\,i\,\bar{k}\,l\}$ и $\{h\,i\,\bar{k}\,l\}$.

Легко вывести другія формы, которыя будутъ частными случаями тригональной пирамиды.

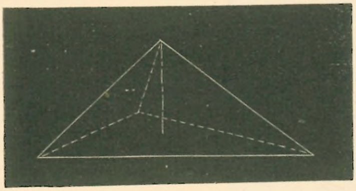

Рис. 146.

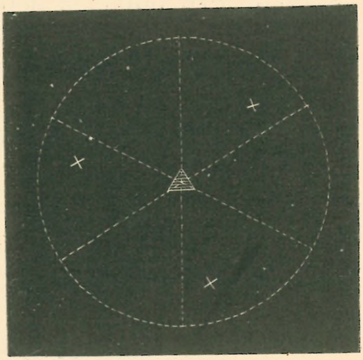

Рис. 147.

Въ настоящее время извѣстна одна соль, относящаяся къ данному классу—водный іоднокислый натрій Na jO_4 3 H_2O.

Кромѣ указаннаго пріема обозначенія многогранниковъ съ одною осью 6-го или 3-го порядка при помощи четырехъ координатныхъ осей, въ послѣднее время прибѣгаютъ къ иному, въ которомъ вмѣсто четырехъ координатныхъ осей пользуются, какъ и въ остальныхъ системахъ, тремя координатными осями. Эти оси проводятся такимъ образомъ, чтобы онѣ дѣлали съ осью симметріи 6-го или 3-го порядковъ одинаковые углы. При такой постановкѣ отрѣзки этихъ осей основной формой, за которую принимается плоскость, перпендикулярная къ оси симметріи 6-го или 3-го порядка, будутъ одинаковы. Остается указать только уголъ между координатными осями: a. Обыкновенно за координатныя оси выбираютъ три ребра кристалла, сходящіяся въ оси симметріи 6-го или 3-го порядковъ и образующія съ этими осями одинаковые углы; при этомъ указанныя оси симметріи устанавливаются вертикально. Для примѣра разсмотримъ ромбоэдръ 1-го рода рис. 148. Поставивъ его такимъ образомъ, какъ онъ изображенъ на рисункѣ осью симметріи 3-го порядка вертикально, мы видимъ, что нижнія вертикальнымъ ребра его $\bar{c}m$, $\bar{c}n$ и $\bar{c}p$ расходятся отъ $\bar{c}$

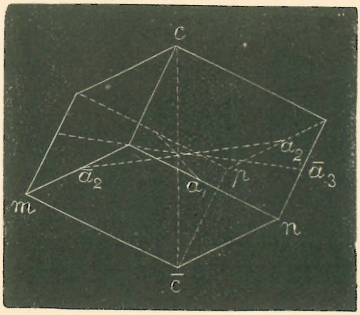

Рис. 148.

кверху, дѣлая одинаконые углы съ осью $\bar{c}c$ (L^3). Принимая $\bar{c}m$, $\bar{c}n$, $\bar{c}p$ за координатныя оси, въ такомъ случаѣ получаемъ возможность выразить всѣ грани ромбоэдра *тремя* одинаковыми индексами:

для грани cn : (100)
cp : (010)
cn : (001)

Плоскость основнаго пинакоида получитъ символъ (111). Вообще всякую плоскость можно выразить символомъ (pyr).

Для того чтобы превратить символы Бравэ въ символы Миллера и обратно, можно воспользоваться слѣдующими соотношеніями индексовъ того и другого: $h = \frac{p-q}{3}$, $i = \frac{q-r}{3}$, $k = \frac{r-p}{3}$, $l = \frac{p+q+r}{3}$; или $p = h - k + l$, $q = i - h + l$, $r = k - i + l$.

IV. Ромбическая система.

Обнимаетъ собою кристаллы, въ которыхъ можно провести три неравныя взаимно перпендикулярныя кристаллическія оси, параллельныя тремъ ребрамъ, возможнымъ на кристаллѣ, такимъ образомъ, для данной системы характерно a : b : c. Одну изъ осей принимаютъ за вертикальную c; изъ двухъ другихъ одна, длиннѣйшая (въ основной формѣ) ставится поперекъ наблюдателя и обозначается b (она называется также поперечною или макроосью); наконецъ, третья а прямо къ наблюдателю (называется продольною или брахиосью).

Симметрія кристалловъ выражается или присутствіемъ трехъ неравныхъ осей симметріи 2-го порядка, центра симметріи и трехъ плоскостей симметріи, проходящихъ чрезъ оси симметріи; или только тремя осями симметріи 2-го порядка; или наконецъ, одною (полярною) осью симметріи 2-го порядка и двумя взаимно перпендикулярными плоскостями симметріи, пересѣкающимися въ этой оси симметріи. Соотвѣтственно этому кристаллы ромбической системы распадаются на 3 класса.

25) Классъ ромбической бипирамиды.

(Голоэдрія).

Присутствуютъ: C, $3L^2$, 3P.

Общею формою служитъ ромбическая бипирамида (рис. 149). Ея грани пересѣкаютъ всѣ три оси на различныхъ разстояніяхъ, такимъ образомъ, символъ ея $\{hkl\}$. Форма граней— неравносторонніе треугольники. Оси симметріи (онѣ же и кристаллическія оси) соединяютъ вершины противоположныхъ ромбическихъ угловъ. Проэкція элементовъ симметріи и полюсовъ ромбической бипирамиды изображена на рис. 150.

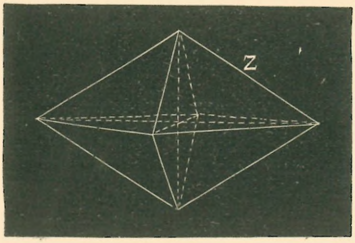

Рис. 149.

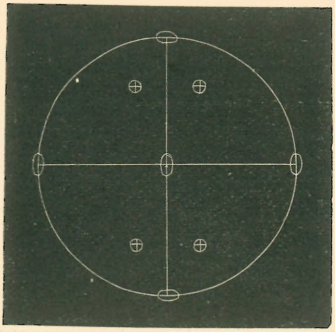

Рис. 150.

Частными случаями будутъ: если одинъ изъ индексовъ будетъ равняться O, то получатся призмы:

{okl} Призма 1-го рода (рис. 151).

{hol} Призма 2-го рода (рис. 152).

{hko} Призма 3-го рода (рис. 153).

Наконецъ, если два индекса сдѣлаются равными O, то получаются пары параллельныхъ плоскостей пинакоидовъ:

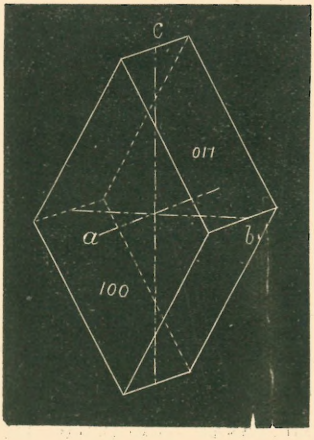

Рис. 151.

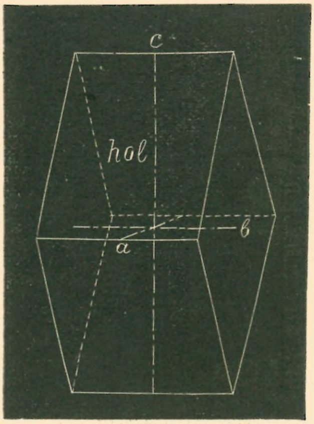

Рис. 152.

$\{100\}$ Первый пинакоидъ (рис. 151).
$\{010\}$ Второй пинакоидъ (рис. 152).
$\{001\}$ Третій пинакоидъ (рис. 153).

Къ этому классу принадлежатъ кристаллы сѣры (рис. 154). $o = \{111\}$, $q = \{011\}$, $S = \{113\}$ и $c = \{001\}$.

Далѣе: карналитъ, арагонитъ и многіе другіе.

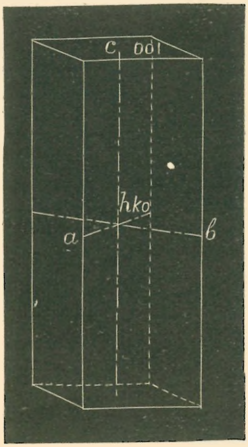

Рис. 153.

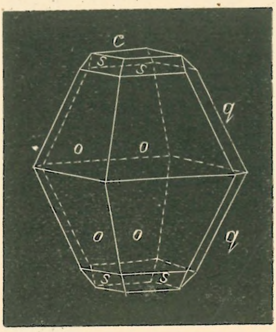

Рис. 154.

26) Классъ ромбическаго бисфеноида.

(Гемiэдрія).

Присутствуютъ $3L^2$.

Общею формою служитъ ромбическій бисфеноидъ (или сфеноэдръ), грани котораго имѣютъ индексы h, k, l. Смотря по положенію граней относительно кристаллическихъ осей, поставленныхъ опредѣленнымъ образомъ, могутъ быть два бисфеноида съ одними и тѣми же индексами: одинъ $\{h\,k\,l\}$— правый (плоскость передняя верхняя лежитъ направо относительно наблюдателя; рис. 155), другой $\{h\,\bar{k}\,l\}$ — лѣвый (плоскость передняя верхняя лежитъ влѣво; рис. 156). Оба бисфеноида—формы энантiоморфныя.

Проэкцiя лѣваго бисфеноида изображена на рис. 157.

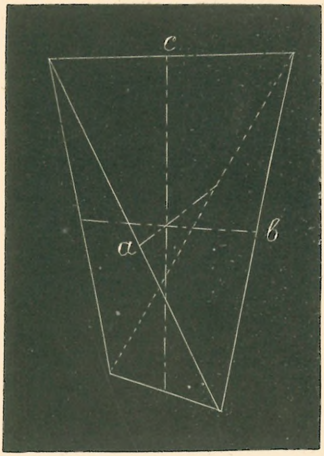

Рис. 155.

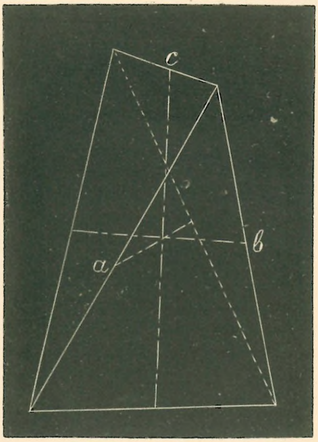

Рис. 156.

Рис. 157.

Частными случаями бисфеноидовъ будутъ:

{okl} Призма 1-го рода

{hol} Призма 2-го рода.

{hko} Призма 3-го рода.

{100} 1-й пинакоидъ.

{010} 2-й пинакоидъ.

{001} 3-й пинакоидъ.

Эти формы по наружному виду не отличимы отъ соотвѣтственныхъ формъ предшествующаго класса.

Сюда принадлежатъ: сѣрнокислая магнезія $MgSO_4 7H_2O$ (рис. 158), нѣсколько солей щелочныхъ металловъ правовращающей винной кислоты, микозы и др.

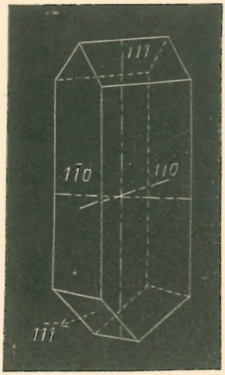

Рис. 158.

27) Классъ ромбической пирамиды.

(Гемиморфія).

Присутствуютъ: L^2 и 2P.

Общею формою служитъ ромбическая пирамида {hkl} верхняя (рис. 159) или {hk$\bar{l}$} нижняя. Проэкція верхней пирамиды на рис. 160.

Кристаллическая ось С совмѣщается съ L^2, а боковыя оси a и b лежатъ въ плоскостяхъ симметріи.

Частными случаями ромбическихъ пирамидъ будутъ:

{okl} Дома 1-го рода [1]).

{hol} Дома 2-го рода.

[1]) Домами называютъ формы, состоящія изъ двухъ пересѣкающихся плоскостей, ребро которыхъ параллельно одной изъ кристаллическихъ осей: плоскость симметріи дѣлитъ уголъ между плоскостями пополамъ.

$\{hk0\}$ Призма 3-го рода.
$\{100\}$ 1-й пинакоидъ.
$\{010\}$ 2-й пинакоидъ.
$\{001\}$ и $\{00\bar{1}\}$ Педіонъ (базисъ) верхній и нижній (положительный и отрицательный).

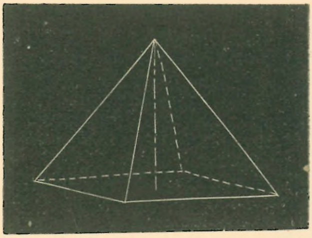

Рис. 156.

Рис. 160.

Призма 3-го рода, первый и второй пинакоидъ отличаются отъ таковыхъ же формъ предыдущихъ классовъ только внутреннимъ строеніемъ.

Сюда принадлежатъ: каламинъ $Zn_2(OH)_2SiO_3$ (рис. 161): $v = \{1\bar{2}1\}$, $c = \{001\}$, $b = \{010\}$, $g = \{110\}$, $a = \{100\}$ $p = \{101\}$, $o = \{301\}$, $m = \{011\}$, $r = \{031\}$; струвитъ $Mg(NH^4)PO_4 6H_2O$ рис. 162 $c = \{011\}$, $b = \{041\}$, $n = \{010\}$, $a = \{101\}$, $m = \{01\bar{3}\}$, $o = \{00\bar{1}\}$

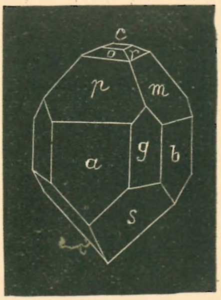

Рис. 161.

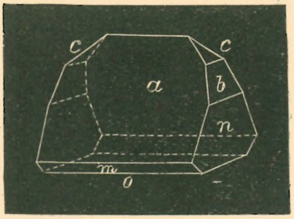

Рис. 162.

V. Одноклиномѣрная система.

Кристаллы, сюда относящіеся, могутъ быть съ удобствомъ отнесены къ тремъ координатнымъ осямъ, паралельнымъ возможнымъ ребрамъ, изъ которыхъ одно перпендикулярно къ двумъ другимъ, пересѣкающимся подъ косымъ угломъ.

Первую ось обозначаютъ b и ставятъ горизонтально справа на лѣво; изъ двухъ другихъ одну ставятъ вертикально и обозначаютъ c, а другую наклонно впередъ и обозначаютъ a.

Длина кристаллическихъ осей различна. Такимъ образомъ, для одноклиномѣрной системы характерно отношеніе $a : b : c$, и уголъ между a и c, который принято обозначать β.

У многогранниковъ, сюда относящихся величина симметріи выражается или присутствіемъ C, L^2 и P, или одной L^2, или, наконецъ, одною P. Такимъ образомъ къ одноклиномѣрной системѣ относятся три класса кристалловъ.

28) Призматическій классъ.

(Голоэдрія).

Степень симметріи: C, L^2 и P. Ось симметріи L^2 перпендикулярна къ плоскости симметріи.

Если представимъ плоскость, пересѣкающую всѣ три оси на различныхъ разстояніяхъ, стало быть съ индексами $h\,k\,l$, то, по условію симметріи, эта плоскость должна повториться четыре раза и образовать форму открытую, ограниченную плоскостями, пересѣкающимися въ параллельныхъ ребрахъ, т. е. призму. Такимъ образомъ, призма $\{h\,k\,l\}$, называемая призмой 4-го рода, является для даннаго класса наиболѣе общею формой. Расположенiе элементовъ симметрiи и полюсовъ призмы 4-го рода изображены на рис. 163.

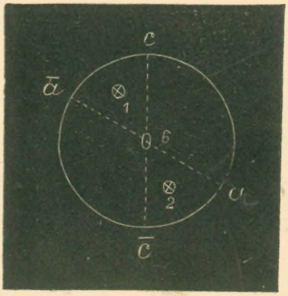

Рис. 163.

За плоскость проэкцiи принимается плоскость симметрiи, въ такомъ случаѣ въ центрѣ круга проэкцiи будетъ проэктироваться ось симметрiи 2-го порядка (она же и кристаллическая ось b); остальныя оси будутъ проэктироваться линiями $\bar{a}a$ и $\bar{c}c$. Для произвольно взятой плоскости съ индексами hkl полюсъ будетъ гдѣ нибудь, напр., внутри треугольника $a\bar{b}c$, $\times_1$. Ось симметрiи требуетъ, чтобы этотъ полюсъ появился также и въ треугольникѣ $ab\bar{c}_1$ на соотвѣтственномъ мѣстѣ, т. е. въ $\times_2$. Такимъ образомъ, по одну сторону круга должны появиться двѣ равнозначныя плоскости $\bar{h}kl$ и $hk\bar{l}$; такъ какъ плоскость круга есть плоскость симметрiи, то очевидно и по другую сторону его должны появиться двѣ другiя плоскости въ зеркальномъ отношенiи къ первымъ, т. е. плоскости $\bar{h}\bar{k}l$ и $h\bar{k}\bar{l}$; полюсы ихъ обозначены o. Очевидно, можетъ быть двѣ призмы съ индексами h, k, l, — одна составляется изъ плоскостей, лежащихъ противъ тупого угла между осями $\bar{a}$ и $\bar{c}$; ее образуютъ плоскости $\{hkl\}$, $\{h\bar{k}l\}$, $\{\bar{h}\bar{k}\bar{l}\}$ и $\{h\bar{k}\bar{l}\}$, а другая противъ остраго (индексы ея плоскостей приведены выше).

Какъ и въ другихъ системахъ, форма съ индексами hkl является общею, изъ которой получаются различныя предѣльныя формы, когда индексы получатъ нѣкоторыя опредѣленныя значенія, что будетъ соотвѣтствовать возможнымъ перемѣщеніямъ полюсовъ въ кругѣ проэкціи. Когда одинъ изъ индексовъ сдѣлается равнымъ нулю, мы получимъ: {okl}, {hok} и {hko}. Первая и послѣдняя формы состоятъ изъ четырехъ плоскостей, пересѣкающихся въ параллельныхъ ребрахъ, т. е. призмы 2-го и 3-го рода. Первая форма состоитъ изъ четырехъ плоскостей; параллельныхъ оси а; третья изъ четырехъ плоскостей; параллельныхъ вертикальной оси С. Для {hol} получается форма, состоящая только изъ двухъ параллельныхъ между собою плоскостей, и параллельныхъ осей b, т. е. пинакоидъ, называемый пинакоидомъ 2-го рода.

Когда два индекса будутъ равны нулю, т. е. когда плоскость будетъ пересѣкать только одну какую нибудь координатную ось, а двумъ другимъ параллельна, то получимъ {100}, {010} и {001}, т. е. пинакоиды, 1-й, 2-й и 3-й.

Этимъ исчерпываются всѣ возможныя формы призматическаго класса одноклиномѣрной системы.

Такимъ образомъ здѣсь имѣются:

{hkl} Призмы 4-го рода.
{okl} Призма 1-го рода.
{hol} Пинакоидъ 2-го рода.
{hko} Призма 3-го рода.
{100} 1-й пинакоидъ.
{010} 2-й пинакоидъ.
{001} 3-й пинакоидъ.

Сюда принадлежитъ большое число тѣлъ какъ природныхъ (минераловъ), такъ и искусственныхъ продуктовъ. Для примѣра укажемъ: гипсъ $CaSO_4 2H_2O$, рис. 164, : b = {010} 2-й пинакоидъ; s = {110} основная призма 3-го рода t =

$\{111\}$ основная призма 4-го рода. Ортоклазъ $K(Na)AlSi_3O_8$, рис. 165: $l = \{110\}$; $M = \{010\}$; $P = \{001\}$; $n = \{021\}$; $O =$ $= \{11\bar{1}\}$ или $\{\bar{1}11\}$, $x = \{10\bar{1}\}$ или $\{\bar{1}01\}$; $y = \{20\bar{1}\}$ или $\{\bar{2}01\}$.

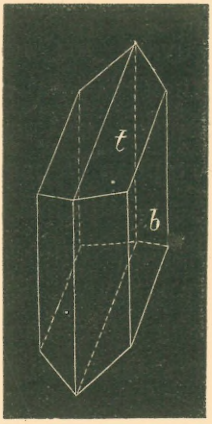

Рис. 164.

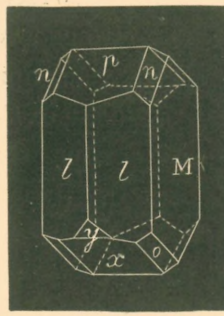

Рис. 165.

29) Классъ сфеноида.

(Гемиморфія).

Симметрія выражается только присутствіемъ L^2.

Если проэктировать на плоскость круга, кристаллическія оси и элементы симметріи, какъ и въ первомъ классѣ одноклиномѣрной системы, то получимъ фигуру, изображенную на рис. 166.

Теперь представимъ плоскость, которая отрѣзывала бы по тремъ осямъ разныя величины, т. е. имѣла бы индексы hkl; очевидно ея полюсъ помѣстился бы въ частяхъ круга ограниченныхъ осями a и c, положимъ, напр., въ точкѣ $\times_1$ такъ какъ въ точкѣ b проэктируется ось симметріи 2-го порядка, то необходимо появленіе другой плоскости, съ которою могла бы совпасть первая при поворотѣ 180^0; т. е. мы должны имѣть полюсъ второй плоскости въ X_2. Отсутствіе другихъ элементовъ симметріи исключаетъ возможность появленія большаго числа равнозначныхъ плоскостей. Получающаяся такимъ об-

Рис. 166.

разомъ форма называется сфеноидомъ 4-го рода. Смотря по тому, какой конецъ оси b пересѣкаетъ плоскости сфеноида, различаютъ правый и лѣвый сфеноиды, двѣ формы между собою энантіоморфныя.

Частными случаями сфеноидовъ будутъ:

$\{o\ k\ l\}$ $\{o\ \bar{k}\ l\}$	Правый и лѣвый сфеноиды 1-го рода.
$\{h\ o\ l\}$	Пинакоидъ 2-го рода.
$\{h\ k\ o\}$ $\{h\ \bar{k}\ o\}$	Правый и лѣвый сфеноидъ 3-го рода.
$\{1\ 0\ 0\}$	Первый пинакоидъ.
$\{010\}$ $\{0\bar{1}0\}$	Второй правый и лѣвый педіонъ.
$\{001\}$	Третій пинакоидъ.

Примѣромъ могутъ служить кристаллы правой и лѣвой винной кислоты $C_4H_6O_6$, (рис. 167 и 168): $a = \{100\}$, $c = \{001\}$, $Pl = \{1\bar{1}0\}$ лѣвый сфеноидъ 3-го рода; $Pr = \{110\}$ правый сфеноидъ 3-го рода; $ql = \{0\bar{1}1\}$ лѣвый сфеноидъ 1-го рода, qr $= \{011\}$ правый сфеноидъ 1-го рода; r $= \{101\}$ и $r_1 = \{10\bar{1}\}$ пинакоиды 2-го рода.

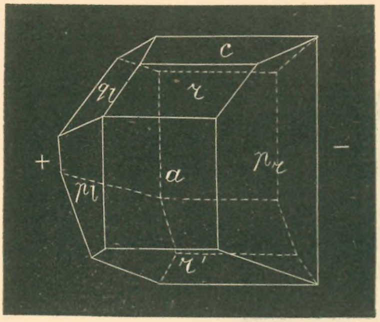

Рис. 167.

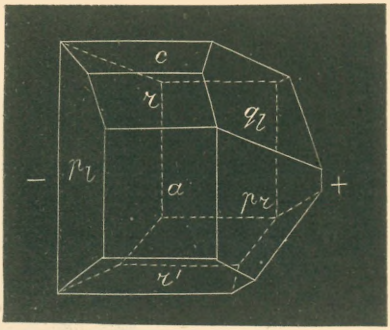

Рис. 168.

30) Доматическій классъ.

(Геміэдрія).

Присутствуетъ только P. Кристаллическія оси проводятъ такъ, чтобы ось b направлялась перпендикулярно къ плоскости симметріи, такимъ образомъ, послѣдняя будетъ плоскостью 2-го пинакоида $\{010\}$; двѣ другія оси a и c будутъ лежать въ этой плоскости.

Если проэктировать кристаллическія оси на кругъ, съ которымъ совпадаетъ плоскость симметріи (рис. 169) и представить нѣкоторую плоскость съ индексами h k l, то ея плюсъ будетъ, напримѣръ, въ точкѣ ×. Такъ какъ кругъ проэкціи есть плоскость симметріи, то очевидно, по условію симметріи, должна появиться равнозначная плоскость по другую сторону его; ея плюсъ o совпадаетъ съ плюсомъ +. Такимъ образомъ получается форма, состоящая изъ двухъ пересѣкающихся плоскостей, h k l и h $\bar{k}$ l, уголъ между которыми дѣлится пополамъ плоскостью симметріи; этимъ данная форма отличается отъ сфеноида предшествующаго класса съ которымъ она, отдѣльно взятая, представляетъ сходство. Такой формѣ даютъ названіе домы и въ частномъ случаѣ, когда индексы ея будутъ h k l, домы, 4-го рода. Очевидно, такихъ домъ съ индексами h k l будетъ четыре.

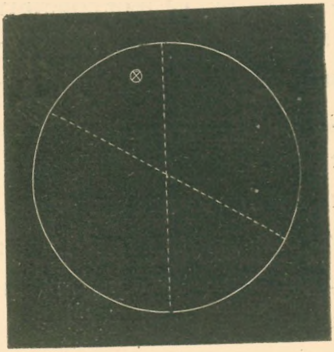

Рис. 169.

Съ полученіемъ предѣльнаго значенія одного или двухъ индексовъ получатся:

$\{0kl\}$	Дома 1-го рода.
$\{h0l\}$	Педіонъ 2-го рода.
$\{hk0\}$	Дома 3-го рода.
$\{100\}$ и $\{\bar{1}00\}$	Первый передній (положительный) и задній (отрицательный) педіонъ.
$\{010\}$	Второй пинакоидъ.
$\{001\}$ и $\{00\bar{1}\}$	Третій верхній (положительный) и нижній (отрицательный) педіонъ.

Примѣръ: тетратіоновокислый калій $K_2S_4O_6$ рис. 170; $a=\{100\}$, $m=\{110\}$, $c=\{001\}$, $q=\{011\}$, $p=\{\bar{1}1\bar{1}\}$, $o=\{111\}$, $r=\{13\bar{3}\}$.

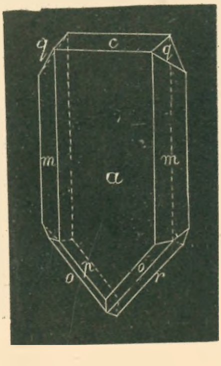

Рис. 170.

VI. Трехклиномѣрная система.

Сюда относятся кристаллы или совсѣмъ не имѣющіе симметріи, или же послѣдняя ограничивается присутствіемъ одного центра симметріи С. Поэтому они распадаются на два класса: пинакоидальный (съ центромъ симметріи) и педіальный или асимметрическій. При описаніи формъ данной системы за кристаллическія оси можно выбрать три любыя направленія, пересѣкающіяся въ одной точкѣ и параллельныя ребрамъ кристалла. Эти направленія образуютъ три различныхъ угла α, β, γ. Такимъ образомъ трехклиномѣрная система характеризуется отношеніемъ кристаллическихъ осей a:b:c и величиной угловъ α, β и γ.

31) Пинакоидальный классъ.

(Голоэдрія).

Присутствуютъ только С; поэтому всякая плоскость имѣетъ себѣ параллельную, т. е. всякая простая форма будетъ представлять пинакоидъ. Если плоскость будетъ пересѣкать всѣ кристаллическія оси, т. е. имѣть индексы h k l, то форма

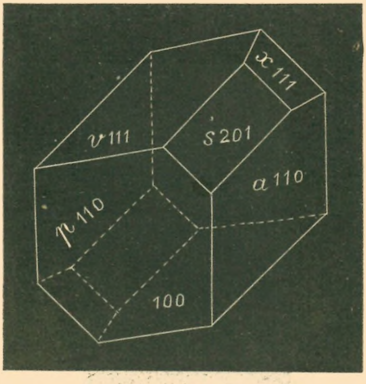

Рис. 171.

будетъ называться пинакоидомъ 4-го рода. Другіе частные случаи этой формы будутъ представлять парныя плоскости, {100}, {010} и {001}—1-й, 2-й и 3-й пинакоидъ. {0kl}, {h0l}, {hk0} и {hkl}—пинакоиды 1-го, 2-го, 3-го и 4-го рода.

Примѣромъ могутъ служить кристаллы плагіоклазовъ (трехклиномѣрныхъ полевыхъ шпатовъ), аксинита (рис. 171) и др.

32) Педіальный или асимметрическій классъ.

(Гемиэдрія).

Элементы симметріи отсутствуютъ. Каждая грань кристалла находится въ единственномъ числѣ и образуетъ простую форму „педіонъ". Въ зависимости отъ положенія относительно кристаллических осей, возможны слѣдующія педіоны.

{hkl}	Педіонъ 4-го рода [1].
{0kl}	Педіонъ 1-го рода.
{h0l}	Педіонъ 2-го рода.
{hk0}	Педіонъ 3-го рода.
{100}	Первый педіонъ.
{010}	Второй педіонъ.
{001}	Третій педіонъ.

Обыкновенно педіоны съ одинаковыми индексами, но различными знаками встрѣчаются вмѣстѣ, образуя какъ бы пинакоиды, но отличить такіе кристаллы отъ пинакоидальнаго класса возможно, изслѣдуя физическія свойства плоскостей такихъ пинакоидовъ: въ случаѣ принадлежности ихъ къ асимметрическому классу, они обнаруживаютъ различіе.

Примѣромъ могутъ служить: сѣрноватистокислый кальцій

[1] Такихъ педіоновъ съ индексами h k l возможно восемь.

$Ca_2S_2O_36H_2O$ (рис. 172), уксусно-азотнокислый стронцій $Sr(C_2H_3O_2)_2Sr(NO_3)_23H_2O$ и др.

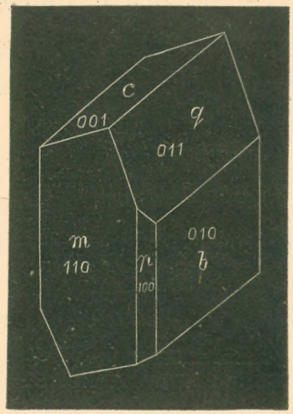

Рис. 172.

ДВОЙНИКИ.

Этимъ именемъ называютъ сростокъ въ непараллельномъ положенiи двухъ одинаковыхъ кристаллическихъ недѣлимыхъ по опредѣленному закону. Законность сростанiя выражается различнымъ образомъ, но всегда недѣлимыя, образующiя двойникъ, имѣютъ, по крайней мѣрѣ, одну общую или параллельную одноименную кристаллическую плоскость, или ребро, лежащее въ данной плоскости. Какъ плоскость, такъ и ребро или присутствуютъ въ данномъ кристаллѣ, или если ихъ и нѣтъ, то онѣ кристаллографически возможны. Такъ, двойниковый кристаллъ гипса (рис. 173) можно разсматривать какъ два недѣлимыхъ, поставленныхъ относительно другъ друга подобно предмету и его изображенiю въ зеркалѣ (рис. 174) и сросшихся по плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа; такимъ образомъ, эта плоскость, хотя и не существующая на отдѣльныхъ недѣлимыхъ гипса, но вообще возможная для кристалловъ моносимметрической системы и называемая первымъ пинакоидомъ $\{100\}$, является для сросшихся недѣлимыхъ общею; причемъ въ ней въ параллельномъ положенiи лежатъ ребра, образованныя пересѣченiемъ плоскости m, съ плоскостью b′ и плоскости m съ плоскостью b. Очевидно, что недѣлимыя двойниковаго кристалла расположены совершенно симметрично относительно плоскости $\{100\}$. Эта плоскость называется двойниковой плоскостью. Линiя, перпендикулярная къ двойниковой плоскости, называется двойниковой осью или осью вращенiя. Она замѣчательна тѣмъ, что, повертывая вокругъ нея одно недѣлимое двойника, можно привести ихъ въ параллельное положенiе. Вращенiе это чаще всего нужно произвести на 180°. Ребра и углы, получающiеся пересѣченiемъ плоскостей двухъ сростающихся недѣлимыхъ, называются двойниковыми. Особенно характерны для двойниковъ в х о д я щ i е углы.

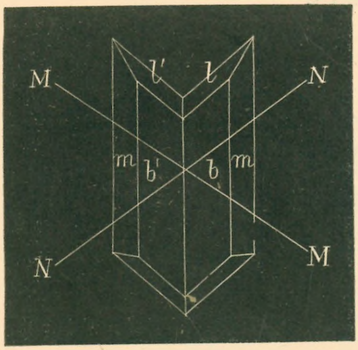

Рис. 173.

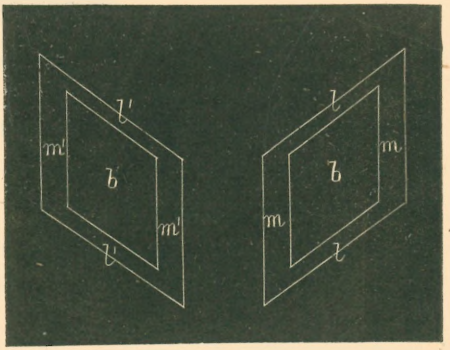

Рис. 174.

По характеру сростанiя двойниковые кристаллы дѣлятъ на двѣ группы: 1) двойники сростанiя и 2) двойники прорастанiя. Въ первыхъ плоскость, которой соприкасаются другъ съ другомъ недѣлимыя, называется плоскостью сростанія; она обыкновенно является въ то же время и двойниковою плоскостью; примѣромъ могутъ служить указанные сейчасъ двойниковые кристаллы гипса, оловяннаго камня, шпинели и мн. др. (см. ниже).

Рѣже двойниковая плоскость не совпадаетъ съ плоскостью сростанія. Примѣромъ могутъ служить двойники минерала санидина $K_2O(Na_2O)Al_2O_36SiO_2$ (рис. 175). Здѣсь

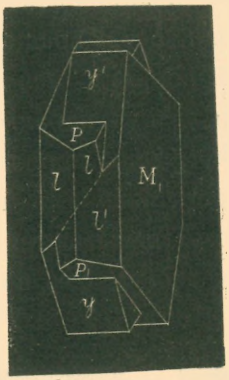

Рис. 175.

два недѣлимыя одноклиномѣрной системы сростаются плоскостями второго пинакоида {0 1 0} M, повернувшись одинъ относительно другого на 180° вокругъ перпендикуляра къ возможной плоскости перваго пинакоида {1 0 0}, который и является такимъ образомъ двойниковою плоскостью (Карлсбадскій законъ).

Въ двойниковыхъ кристаллахъ второго типа одно недѣлимое, находясь въ двойниковомъ положеніи, проростаетъ другое, переходя за двойниковую границу. Такъ напримѣръ, если два недѣлимыя, образующія изображенный выше двойникъ гипса, прорастутъ другъ друга по направленіямъ MM_1 и NN_1 (рис. 173), то получится двойникъ проростанія, изображенный на рис. 176. Подобный же случай представляетъ рис. 177, изображающій двойникъ проростанія минерала ставролита ромбической системы.

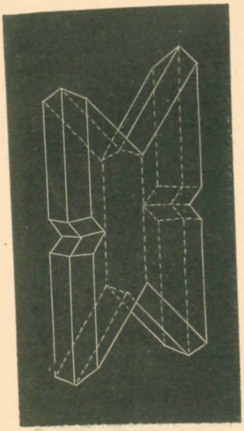

Рис. 176.

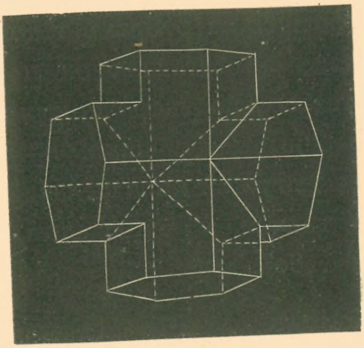

Рис. 177.

Довольно обыкновеннымъ является сростаніе по одному и тому же двойниковому закону не двухъ, а трехъ, четырехъ и болѣе недѣлимыхъ; такіе двойниковые сростки называютъ по числу недѣлимыхъ тройниками, четверниками... и вообще полисинтетическими двойниками. Рис. 178 представляетъ тройниковый кристаллъ рутила TiO_2, принадлежащій

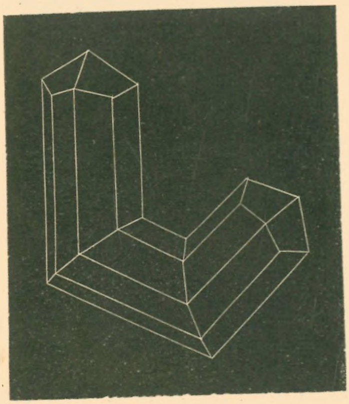

Рис. 178.

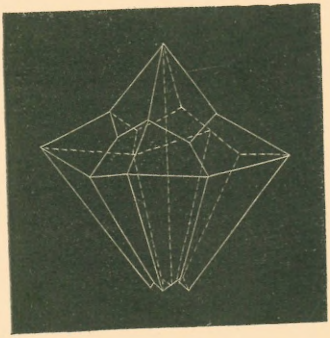

Рис. 179.

квадратной системѣ; въ немъ срослись три недѣлимыя, причемъ двойниковой плоскостью и плоскостью сростанія служитъ плоскость пирамиды 2-го рода $\{101\}$; рис. 179 представляетъ пятерникъ мѣднаго колчедана (квадратной системы), въ которомъ 4 пирамидальныхъ недѣлимыхъ расположились на ребрахъ такого же—пятаго. Очень часто недѣлимыя, составляющія полисинтетическій двойникъ, являются сильно укороченными по двойниковой оси, такъ что границы между ними представляются въ видѣ болѣе или менѣе густой параллельной штриховки; такіе двойники наблюдаются у аррагонита, $CaCO_3$ (ромбической системы; рис. 180).

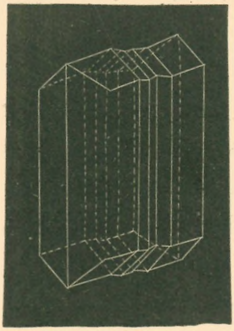

Рис. 180.

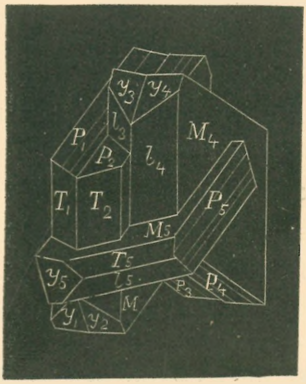

Рис. 181

Иногда двойниковые кристаллы, образованные по опредѣленному двойниковому закону, сростаются между собою по другому двойниковому закону; такіе сростки называются двойниками высшаго порядка; рис. 181 представляетъ подобный двойниковый кристаллъ, принадлежащій лабрадориту; въ немъ кристаллическіе индивидуумы срослись по такъ называемому альбитовому закону; граница между недѣлимыми P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 выражается параллельною штриховатостью на плоскостяхъ $\{001\}$; но, кромѣ этого сростанія, полученные такимъ образомъ полисинтетическіе двойники сростаются еще по такъ называемому Карлсбадскому закону [двойниковою плоскостью служитъ $\{100\}$, а плоскостью сростанія $\{010\}$] и бавенскому [двойниковою плоскостью и плоскостью сростанія служитъ $\{021\}$].

Въ нѣкоторыхъ случаяхъ полисинтетическое двойниковое образованіе въ результатѣ даетъ форму высшей симметріи сравнительно съ симметріей отдѣльныхъ недѣлимыхъ. Подобный примѣръ представляютъ тройники проростанія ромбическихъ карбонатовъ: арагонита (рис. 182), витерита (рис. 183 и 184), которые имѣютъ гексагональный видъ. Части, принадлежащія различнымъ недѣлимымъ, обозначены

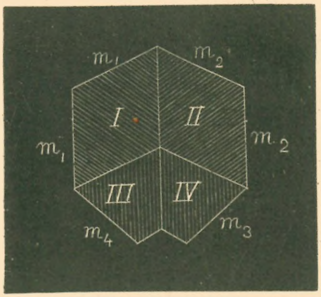

Рис. 182.

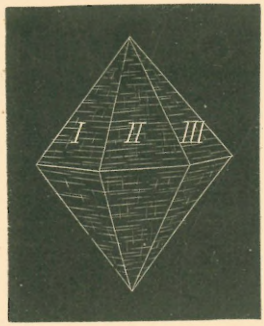

Рис. 183.

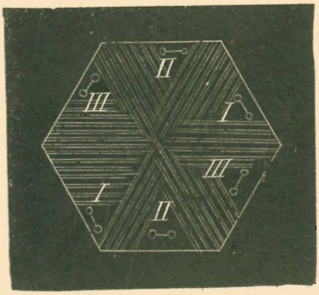

Рис. 184.

римскими цифрами. Такіе кристаллы называются **миметическими**.

Двойниковое положеніе кристаллическихъ недѣлимыхъ появляется или въ самый моментъ начала кристаллообразованія, или, какъ бываетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ, возникаетъ гораздо позднѣе, подъ вліяніемъ давленія и перемѣнъ температуры. Возникновеніе двойниковаго расположенія недѣлимыхъ подъ вліяніемъ давленія въ первый разъ было замѣчено на кальцитѣ. Какъ показали Пфаффъ и Рейшъ, кристаллъ кальцита отъ давленія обнаруживаетъ пластинчатое сложеніе, причемъ пластинки располагаются въ двойниковомъ положеніи относительно плоскости отрицательнаго ромбоэдра $\{02\bar{2}1\}$; послѣдняя является двойниковою плоскостью и плоскостью сростанія.

ОБЪ ИЗМѢРЕНІИ УГЛОВЪ КРИСТАЛЛОВЪ.

Наружный видъ натуральныхъ кристалловъ обыкновенно весьма далекъ отъ того симметрическаго вида, который предполагается для нихъ въ кристаллографіи. Не смотря однако же на всѣ непостоянства этого наружнаго вида, не смотря на всѣ его уродливости, *относительное положеніе плоскостей въ кристаллахъ*, а слѣдственно и зависящая отъ того *величина краевыхъ и плоскихъ угловъ*, вообще говоря, остаются *постоянными*. Конечно, постоянство это имѣетъ мѣсто только при одной и той же температурѣ, при одинаковомъ химическомъ составѣ, и когда не будетъ придано большого значенія нѣкоторымъ небольшимъ аномаліямъ.

Итакъ, единственные постоянные элементы наружнаго ограниченія натуральныхъ кристалловъ суть: краевые и плоскіе углы; поэтому неудивительно, что ихъ приняли за тѣ элементы для наблюденій, на которыхъ основываются вычисленія кристаллическихъ формъ. Такъ какъ измѣрять плоскіе углы, по разнымъ причинамъ (слишкомъ малой величины кристаллическихъ плоскостей, неправильнаго образованія краевыхъ линій и др.), довольно неудобно, то въ настоящее время большею частію измѣряются только одни краевые углы, а плоскіе изъ этихъ послѣднихъ вычисляются.

Измѣреніе даннаго краевого угла, т.-е. измѣреніе взаимнаго наклоненія двухъ данныхъ плоскостей, можетъ быть произведено по различнымъ методамъ. Инструменты, употребляемые для этой цѣли, называются гоніометрами или угломѣрами. Всѣ гоніометры можно раздѣлить на два класса: гоніометры прикасательные и гоніометры лучеотражательные (или просто отражательные).

Посредствомъ лучеотражательныхъ инструментовъ можно достигнуть несравненно болѣе точныхъ результатовъ, нежели посредствомъ инструментовъ прикасательныхъ, поэтому послѣдніе употребляются лишь тогда, когда обстоятельства не дозволяютъ для измѣренія примѣнить лучеотражательнаго гоніометра, или когда отъ измѣреній не требуется большой точности.

Прикасательный гоніометръ Каранжо изготовленъ въ 1783 году Каранжо, по идеѣ Роме-де-Лиля.

Главнѣйшія части описываемаго гоніометра, который представленъ на фигурѣ 185, суть: полукругъ и двѣ линейки. Большею частію полукругъ дѣлается изъ мѣди, а линейки изъ стали. Полукругъ раздѣляется на 180 частей или градусовъ. По незначительной степени точности измѣреній, даваемыхъ инструментомъ, такого грубаго дѣленія совершенно достаточно; впрочемъ иногда каждый градусъ еще подраздѣляется на двѣ части или полуградусы. Линейки наложены одна на другую и придѣланы къ дугѣ такъ, какъ показано на фигурѣ 185; изъ нихъ одна ab можетъ имѣть только одно поступательное движенiе взадъ и впередъ, а другая cd—поступательное и вмѣстѣ съ тѣмъ вращательное движенiе. Въ центрѣ находится винтъ со шляпкою w, а при началѣ дуги (О дѣленiя)—шпинекъ e, не дозволяющiй линейкѣ ab получить вращательнаго движенiя. На второй линейкѣ cd нахо-

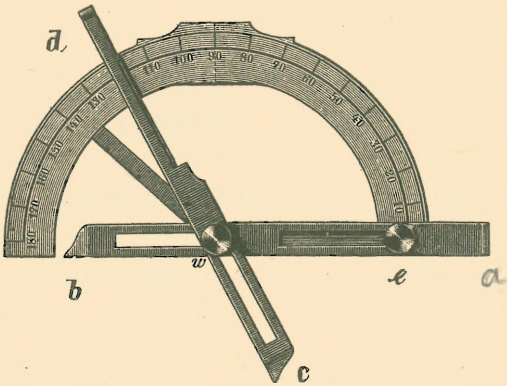

Рис. 185.

дится лезвее, острый край dg котораго, будучи мысленно продолженъ, непремѣнно долженъ проходить черезъ центръ w инструмента (ибо только въ этомъ случаѣ линейка будетъ показывать вѣрное число градусовъ). Когда центральный винтъ w закрѣпленъ, тогда обѣ линейки остаются неподвижными; напротивъ когда центральный винтъ w ослабленъ, тогда первая линейка ab (по причинѣ находящихся посрединѣ ея вырѣзокъ) можетъ быть подвинута взадъ и впередъ, въ направленiи ея длины, а вторая линейка cd можетъ быть двигаема также взадъ и впередъ (также по причинѣ находящагося въ ней вырѣза), и кромѣ того получаетъ вращательное движенiе около центральнаго винта w, какъ около оси. Такимъ образомъ, концы bw и cw обѣихъ линеекъ можно удлинять или укорачивать по произволу.

Употребленiе этого простого инструмента очевидно изъ его устройства. Измѣряемый уголъ кристалла помѣщаютъ плотно между двумя линейками, въ пространство cwb (см. на фиг. 185), и потомъ считаютъ число градусовъ, показываемое лезвеемъ линейки cd на дугѣ дѣленія.

Чтобы посредствомъ гоніометра Каранжо можно было получить результаты, удовлетворительные настолько, насколько дозволяетъ самое устройство инструмента, необходимо соблюдать слѣдующія правила:

1) Поверхность инструмента, при измѣреніи, должна быть перпендикулярна къ краевой линіи, или къ обѣимъ плоскостямъ, образующимъ край.

2) Линейки своими краями должны плотно прилегать къ плоскостямъ измѣряемаго краевого угла.

Для удовлетворенія послѣднему условію, полезно держать инструментъ и кристаллъ противъ свѣта. Въ этомъ случаѣ становится замѣтнѣе уклоненіе положенія линеекъ отъ положенія плоскостей.

Разумѣется, большая или меньшая точность измѣренія зависитъ также отъ большаго или меньшаго совершенства и величины кристалла. Чѣмъ плоскости кристалла будутъ ровнѣе и чѣмъ онѣ будутъ занимать большее протяженіе, тѣмъ измѣреніе можетъ быть удовлетворительнѣе. Во всякомъ случаѣ, слишкомъ точныхъ результатовъ посредствомъ гоніометра Каранжо достигнуть невозможо. При самыхъ благопріятныхъ обстоятельствахъ, и при выводѣ среднихъ величинъ изъ многихъ наблюденій одного и того же угла, можно довести ошибку отъ измѣренія едва до ± 1/2 градуса; обыкновенно же ошибка простирается до одного или даже до нѣсколькихъ градусовъ.

Лучеотражательный гоніометръ Волластона.

Устройство гоніометра Волластона основано на отраженіи лучей свѣта отъ блестящихъ плоскостей кристалловъ, почему гоніометръ этотъ и называется лучеотражательнымъ.

Отражательный гоніометръ Волластона устроенъ такъ, какъ показано на фигурѣ 186. Мѣдный кругъ (около 3 вершковъ въ діаметрѣ) раздѣленъ на 180 градусовъ. Каждый градусъ подраздѣляется иногда на двѣ части, т.-е. полуградусы, а иногда, что еще лучше, на три части. Ноніусъ nn (прикрѣпленный посредствомъ мѣдной пластинки

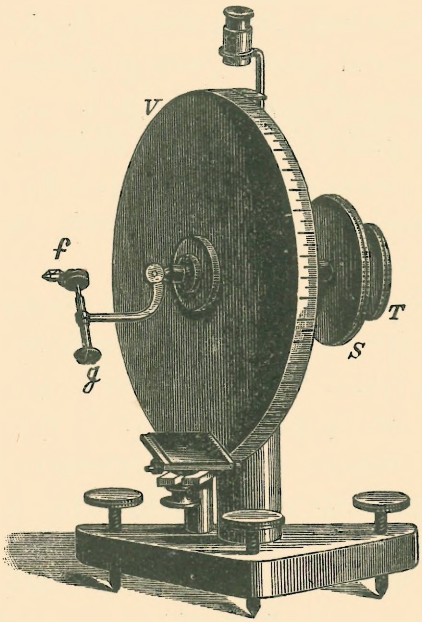

Рис. 186.

къ передней ножкѣ станка) служитъ для опредѣленія минутъ. При ноніусѣ находятся: ширма i и лупа k; первая для устраненія отблеска, а вторая—для того, чтобы черты мелкаго дѣленія сдѣлать, чрезъ увеличеніе, удобными для зрѣнія. Ось a пустая и снабжена рукояткою S (въ видѣ кружка, съ зазубренными краями). Эта ось a и мѣдный кругъ V сдѣланы изъ одного и того же куска мѣди; въ противномъ случаѣ ось a припаяна къ кругу V; слѣдовательно, въ обоихъ случаяхъ соединена съ нимъ неподвижно. Ось a вставлена въ отверстіе станка, устроиваемаго различнымъ образомъ; ножки его утверждены на подставкѣ p, стоящей на трехъ ножкахъ. Одна изъ ножекъ подставки, посредствомъ винта q, можетъ быть удлиняема или укорачиваема. Пустая ось a въ отверстіи станка вращается свободно; сквозь нее проходитъ сплошная ось b кристаллоносца, снабженная рукояткою T (въ видѣ кружка съ зазубренными краями, нѣсколько меньшаго діаметра противъ кружка S). Сплошная ось b кристаллоносца въ пустой оси a круга вращается съ треніемъ, вслѣдствіе котораго, если поворачивать посредствомъ рукоятки S пустую ось a, то вмѣстѣ съ нею будетъ вращаться и сплошная ось b: напротивъ, если поворачивать посредствомъ рукоятки T, сплошную ось b кристаллоносца, то пустая ось a, а слѣдовательно, и кругъ дѣленія, будутъ оставаться неподвижными. Къ одному концу оси b (противоположному тому, на которомъ находится рукоятка T) прикрѣплена дуга c. Въ дугѣ c находится отверстіе, сквозь которое проходитъ стержень, вращающійся съ треніемъ и оканчивающійся съ одной стороны кружкомъ g съ зазубренными краями, а съ другой— шляпкою f на которую, посредствомъ воска, укрѣпляется измѣряемый кристаллъ. Очевидо, что во всякомъ положеніи сплошной оси b, насаженному кристаллу, помощью дуги c и стержня fg, можно сообщать разныя движенія. Такъ какъ по устройству инструмента оси a и b перпендикулярны къ кругу дѣленія, а этотъ послѣдній перпендикуляренъ къ поверхности подставки p, то когда подставка эта будетъ приведена въ горизонтальное положеніе, тогда кругъ дѣленія будетъ стоять вертикально, а оси a и b — горизонтально.

Измѣреніе даннаго двухграннаго угла кристалла основано на слѣдующемъ:

Пусть край, образованный пересѣченіемъ двухъ какихъ-нибудь плоскостей кристалла CD и CE, совпадетъ совершенно съ геометрическою горизонтальною осью гоніометра, какъ это представлено на фигурѣ 187. Если теперь мы будемъ поворачивать кругъ дѣленія вмѣстѣ съ кристалломъ (по надлежащему направленію), то очевидно, что когда плоскость CE придетъ въ положеніе CF (см. рис. 187), т. е.

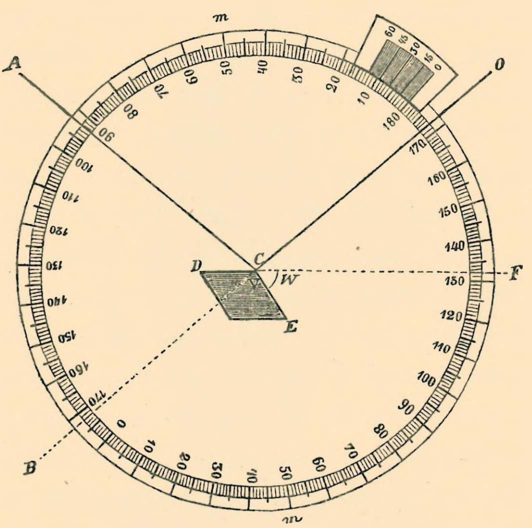

Рис. 187.

въ то самое положеніе, въ которомъ находилась первоначально плоскость CD,—тогда кругъ дѣленія опишетъ дугу, измѣряемую угломъ W, который есть: дополнительный уголъ до 180° искомаго двухграннаго угла V кристалла. Итакъ, все затрудненіе состоитъ преимущественно въ отысканіи средства, посредствомъ котораго возможно бы было: привести вторую плоскость CE математически въ то же самое положеніе, въ которомъ находилась первоначально первая плоскость CD. Это средство найдено въ отраженіи предметовъ, какъ въ зеркалѣ, отъ блестящихъ плоскостей, образующихъ край измѣряемаго двухграннаго угла кристалла; а гоніометръ Волластона дозволяетъ весьма удобно пользоваться этимъ средствомъ. Принципъ отраженія лучей свѣта примѣненъ къ гоніометру Волластона въ слѣдующемъ смыслѣ: положимъ, что отъ удаленнаго предмета или, какъ говорятъ, сигнала A (рис. 187) лучъ свѣта падаетъ на кристаллическую плоскость CD въ точкѣ C, лежащей при самомъ краѣ. Этотъ лучъ отразится отъ помянутой плоскости по извѣстному закону отраженія (уголъ паденія равенъ углу отраженія) въ направленіи CO, и глазъ, находящійся въ точкѣ O, увидитъ отраженный сигналъ A на продолженіи отраженнаго луча въ точкѣ B. Если теперь, не измѣняя положенія глаза, поворачивать кругъ дѣленія (по надлежащему направленію) до тѣхъ поръ, пока отъ второй плоскости CE сигналъ A отразится въ томъ же самомъ направленіи CB (т. е. когда отраженный сигналъ A будетъ видимъ снова въ точкѣ B), то въ этомъ случаѣ вторая плоскость CE займетъ очевидно, математически то же самое положеніе, какое занимала первая плоскость CD, и уголъ поворота круга W будетъ равенъ дополненію до 180^0 искомаго угла кристалла V, т. е. $V = 180^0 - W$.

Вышеозначенная метода требуетъ удовлетворенія слѣдующихъ условій:

1) Краевая линія должна быть принаровлена („юстирована"), т. е. перпендикулярна къ плоскости круга, или, что все равно, параллельна оси гоніометра.

2) Эта краевая линія, вмѣстѣ съ тѣмъ, должна быть хорошо центрирована, т. е. проходить чрезъ центръ круга дѣленія гоніометра.

3) Отраженный лучъ свѣта, при обоихъ наблюденіяхъ, долженъ имѣть математически одно и то же положеніе.

4) Выбранный для отраженія сигналъ и кристаллъ должны находиться въ одной и той же плоскости, параллельной кругу дѣленія гоніометра.

5) Отраженіе, во время обоихъ наблюденій, должно происходить при самой краевой линіи, какъ это показано на рис. 187.

Для того, чтобы показать, какимъ образомъ должно обращаться съ гоніометромъ Волластона, опишемъ самый ходъ измѣренія. Положимъ, требуется измѣрить краевой уголъ конечнаго края ромбоэдра известковаго шпата. На практикѣ поступаютъ слѣдующимъ образомъ:

Инструментъ помѣщаютъ на неподвижно стоящій столъ. Гоніометръ ставится предъ открытымъ окномъ, чрезъ которое можно видѣть весьма удаленные предметы (каковы: крестъ церкви, флюгеръ, и т. п.). Кругъ дѣленія долженъ быть установленъ вертикально и по возможности перпендикулярно къ поверхности окна. Если открыть окно неудобно, то можно ограничиться какимъ нибудь знакомъ, наклееннымъ на стеклѣ окна, но въ этомъ случаѣ необходимо хорошо центрировать кристаллъ, если не хотятъ получить грубаго результата. На шляпку f стержня fg (рис. 186), посредствомъ воска, прикрѣпляютъ измѣряемый кристаллъ. Далѣе, дѣйствуя рукояткою S, O^0 дѣленіяноніуса совмѣщаютъ съ O^0 дѣленія круга; для болѣе легкаго и скорѣйшаго исполненія этого совмѣщенія, на кругѣ дѣленія сдѣланы задержки, изъ которыхъ одна, дойдя до края мѣднаго пера, привинченнаго къ задней ножкѣ станка, останавливаетъ кругъ какъ разъ на O^0 дѣленія. Установивъ кругъ дѣленія, приступаютъ къ установу кристалла, а именно: стараются поставить кристаллъ такъ, чтобы краевая линія измѣряемаго краевого угла была сколь возможно центральнѣе и притомъ параллельна оси инструмента. Установъ кристалла производится посредствомъ поворачиванія рукоятки T (и, слѣдственно, сплошной оси b и перемѣщенія положенія дуги d), стержня fg и самаго кристалла на воскѣ. Центрировать краевую линію совершенно точно на инструментѣ такого устройства, какъ показанный на рис. 186, почти невозможно; по этой причинѣ центрированіе производится на глазомѣръ приблизительнымъ образомъ. Что же касается до принаровленія краевой линіи (т. е. до приведенія ее въ положеніе, параллельное съ осью инструмента), то такого принаровленія можно достигнуть довольно удовлетворительно слѣдующимъ образомъ: сперва поворачиваютъ рукоятку T до тѣхъ поръ, пока глазъ увидитъ въ одной плоскости отраженные сигналы; потомъ, посредствомъ вышесказанныхъ движеній стержня fg стараются, чтобы горизонтальныя линіи (напримѣръ, горизонтальныя перекладины рамы окна) представлялись на этой плоскости горизонтальными, а вертикальныя — вертикальными. Когда на первой плоскости помянутое отраженіе будетъ получено, поворачиваютъ къ глазу вторую плоскость и поступаютъ съ нею точно такимъ же образомъ. Если за сигналъ выбранъ наклеенный черный квадратъ, то можно ниже окна (напр. на стѣнѣ), на одной и той же вертикальной линіи, наклеить другой квадратъ (лучше бѣлый) или провести горизонтальную черту, и потомъ черный квадратъ, видимый чрезъ отраженіе, совмѣстить съ бѣлымъ квадратомъ, видимымъ простымъ глазомъ. Если, послѣ нѣсколькихъ прилаживаній, будетъ, наконецъ, достигнуто на обѣихъ плоскостяхъ полное совмѣщеніе квадрата отраженнаго съ квадратомъ, видимымъ простымъ глазомъ, то это будетъ значить, что краевая линія принаровлена, т. е. параллельна оси инструмента. Распорядясь такимъ образомъ, начинаютъ самое измѣреніе. Посредствомъ рукоятки T приводятъ сперва первую плоскость измѣряемаго края въ положеніе, при которомъ происходитъ полное совмѣщеніе знаковъ, при этомъ кругъ остается неподвижнымъ, на O° дѣленія. Потомъ, посредствомъ рукоятки S, приводятъ вторую плоскость въ точно такое же положеніе (при движеніи оси круга дѣленія, вслѣдствіе тренія, двигается и внутренняя сплошная ось b); при этомъ кругъ сдѣлаетъ оборотъ, и, такимъ образомъ, покажетъ намъ уголъ W, который въ выбранномъ нами случаѣ, т. е. въ ромбоэдрѣ известковаго шпата, будетъ$=74^0 55'$, и, слѣдственно, искомый уголъ $V=180^0-74^0 55'=105^0 5'$.

Самымъ употребительнымъ въ настоящее время гоніометромъ, отличающимся большою точностью, является гоніомеръ Вебскаго (изготовляется фирмой Фюэсса), въ которомъ кругъ для измѣренія угловъ располагается горизонтально, а измѣряемое ребро кристалла устанавливается вертикально. Его общій видъ и расположеніе частей изображены на фигурѣ 188. Онъ же въ разрѣзѣ прсдставленъ на фигурѣ 189. Гоніометръ снабженъ тремя ножками съ винтами, посредствомъ которыхъ кругъ приводится весьма точно въ горизонтальное положеніс. Ножки привинчены къ толстому латунному кругу o, въ которомъ сдѣланъ коническій каналъ. Въ него вставляется дѣлый рядъ пустотѣлыхъ коническихъ осей, которыя соединяются съ кругомъ. Ось b внизу немного выходитъ изъ нижней части o, вверху же соединяется съ кругомъ d, на которомъ въ двухъ противоположныхъ мѣстахъ помѣщаются ноніусы; каждое дѣленіе послѣднихъ составляетъ 30". Къ кругу d присоединяется горизонтальная вѣтвь, къ которой привинчена колонка B, служащая подставкой для зрительной трубы L; всѣ эти части: L, B, d и b вращаются вмѣстѣ вокругъ центральной оси инструмента. Это движеніе можно задержать посредствомъ винта α, прижимающаго кольцо, которое расположено въ желобкѣ кружечка c, прикрѣпленнаго къ нижнему концу полой оси b. Для той же цѣли имѣется и другой винтъ (онъ не видѣлъ на рисункахъ). Вслѣдствіе такого устройства зрительныхъ трубъ L можно закрѣпить на любомъ мѣстѣ круга.

Внутри полой оси b вращается также полая ось e, верхній конецъ которой соединяется съ кругомъ f, раздѣленнымъ на градусы и ихъ части, нижній же конецъ неподвижно

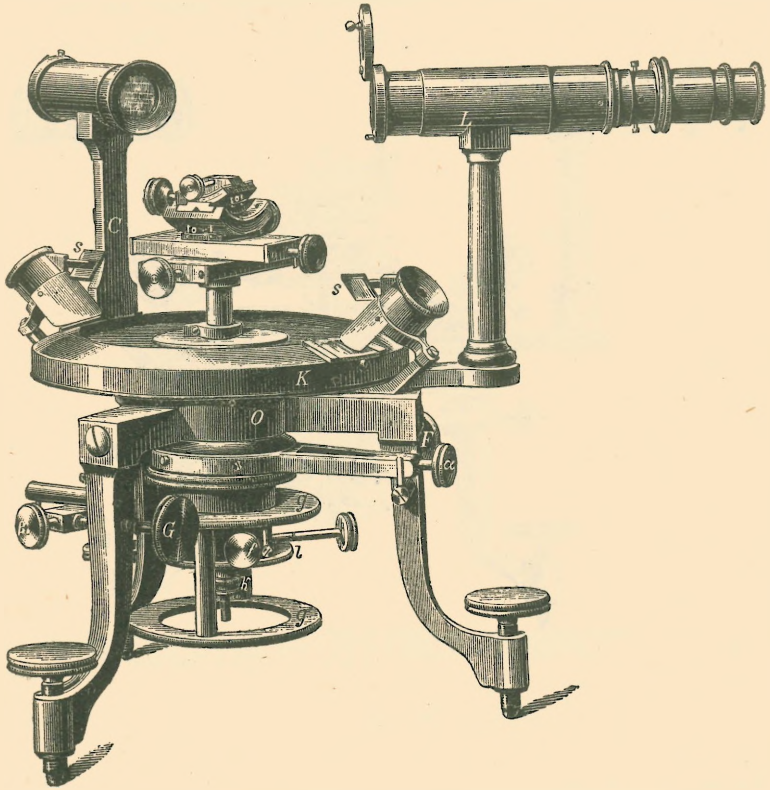

Рис. 188.

привинченъ къ полому кружку g съ зарубками на краю. При вращеніи кружка g вращается и кругъ f со всѣми частями, которыя вставлены въ полую ось e. Величина вращенія можетъ быть отсчитана при помощи ноніусовъ. Можно задержать и это движеніе посредствомъ винта β. Винтъ β находится въ соединеніи съ другимъ винтомъ G, направленнымъ къ первому перпендикулярно (на рисункѣ 188 изъ-за ножки прибора виднѣется часть головки этого винта). Посредствомъ винта G можно производить весьма малыя вращенія оси e и всѣхъ частей, которыя въ ней находятся. Первоначальная грубая установка кристалла производится посредствомъ винта g, а окончательная—винтомъ G.

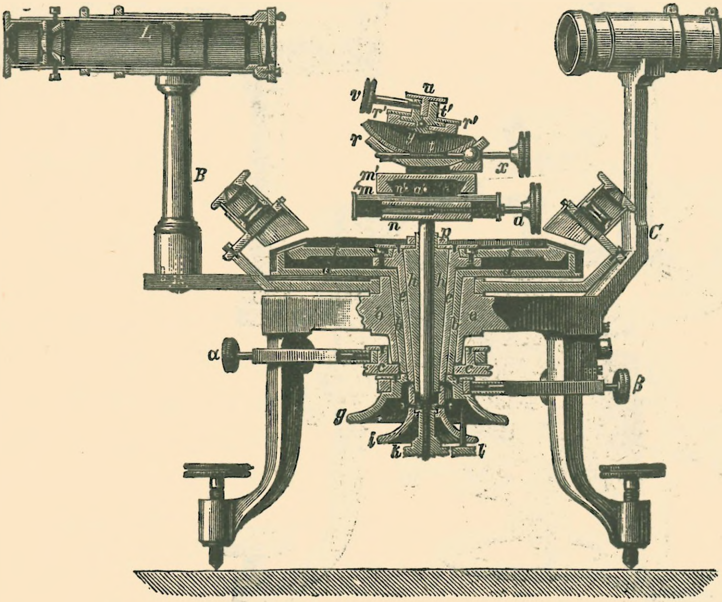

Рис. 189.

Внутри e свободно вращается полая ось h, приводимая въ движеніе посредствомъ винта i; вращая эту ось, производятъ необходимыя для центрировки и юстировки движенія, не передвигая всего круга. Такъ какъ установка, производимая вращеніемъ g, только тогда будетъ правильной, когда h и i двигаются вслѣдъ за e, то i посредствомъ винта I неподвижно соединяется съ g.

Наконецъ, внутри h находится цилиндрическая ось, на верхнемъ концѣ которой укрѣплено приспособленіе для центрированія и юстированія кристалла. Внизу эта ось съужена и снабжена винтовой нарѣзкой, и потому можетъ вращаться внутри муфты, къ нижнему концу которой присоединена головка k съ зарубками на краю. Верхняя часть этой муфты соединена съ i такъ, что она можетъ вращаться одновременно съ i, оставаясь при этомъ все время на одной и той же высотѣ. При вращеніи же k внутренняя ось перемѣщается въ вертикальномъ направленіи; благодаря этому, юстирующій и центрирующій аппаратъ можетъ быть поднятъ настолько, что измѣряемое ребро кристалла придется какъ разъ противъ объектива зрительной трубы. Ось можетъ быть неподвижно закрѣплена ключемъ на какой угодно высотѣ при помощи приспособленія p.

Центрирующій и юстирующій аппаратъ состоитъ изъ металлическаго бруска n, привинченнаго къ внутренней оси гоніометра; онъ находится внутри четыреугольнаго ящика передняя и задняя стѣнка котораго такъ примыкаетъ къ бруску, какъ это показано на поперечномъ сѣченіи m′n′. При помощи винта a ящикъ m можно передвигать справа налѣво и наоборотъ. Надъ m въ перпендикулярномъ къ нему направленіи движется второй ящикъ, по своему устройству тождественной съ первымъ. Съ m′ соединяется юстирующій аппаратъ, состоящій изъ двухъ салазокъ t и t, въ видѣ круговаго сегмента. Салазки посредствомъ винтовъ x и y могутъ поворачиваться вокругъ двухъ взаимноперпендикулярныхъ осей. Въ верхнихъ салазкахъ сдѣлано круглое отверстіе, въ которое вставляется ножка кристаллоносца (столика) для прикрѣпленія (посредствомъ воска) измѣряемаго кристалла.

Сигналы при измѣреніи помѣщаются въ коллиматорѣ, укрѣпленномъ на подставкѣ C. На концѣ коллиматора, обращенномъ къ кристаллу, въ коллиматорѣ находится ахроматическая линза. Вставляя сигналы въ противоположный конецъ коллиматора, увидимъ ихъ въ фокусѣ линзы.

Для сигналовъ служатъ узкія ярко освѣщенныя щели; для ихъ полученія служатъ различныя приборчики.

Такъ называемая щель Вебскаго (рис. 190 въ натуральную величину) состоитъ изъ двухъ черныхъ металлическихъ кружковъ, передвигаемыхъ предъ круглымъ отверстіемъ при

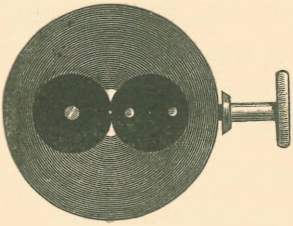

Рис. 190.

помощи винтовъ. Такое устройство соединяетъ въ себѣ преимущества очень узкой и очень широкой щели: съуженіе свѣтлаго изображенія въ серединѣ даетъ возможность установить сигналъ очень точно; съ другой стороны чрезъ щель проходитъ достаточное количество свѣта.