

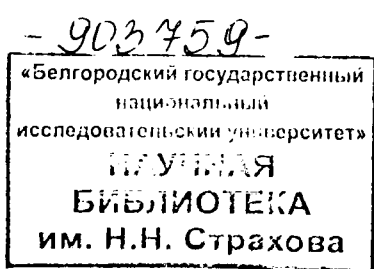
С.Ф. Глинка

Общий курс кристаллографии

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 54
ББК 24
С11

С11 С.Ф. Глинка
Общий курс кристаллографии / С.Ф. Глинка – М.: Книга по Требованию, 2014. – 268 с.
ISBN 978-5-458-58477-7



ISBN 978-5-458-58477-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2014
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2014

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько экземпляров.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ОБЩІЙ КУРСЪ КРИСТАЛЛОГРАФІИ.

СОСТАВИЛЪ

С. Е. ГЛИНКА,
приватъ-доцентъ Императорскаго С.-Петербургскаго Университета.

ИЗДАНИЕ ТРЕТЬЕ,
ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
КНИЖНЫЙ МАГАЗИНЪ А. Ф. ЦИНЗЕРЛИНГА
ВЫВШІЙ МЕЛЬЕ И КОМП
Новскій просп., 20.
1909.

СОДЕРЖАНІЕ.

Введеніе. Общее понятіе о кристаллахъ, элементы ограниченія и симметріа кристалловъ, оси координатъ и параметры, кристаллографическія системы—1—12. Понятіе о неполногранныхъ кристаллографическихъ формахъ—12. Понятіе о кристаллическихъ комбинаціяхъ—13. Способъ обозначенія кристаллическихъ формъ: а) по Вейсу, б) Науманну и с) Миллеру—14. Кристаллографическія зоны—19.

Описаніе отдѣльныхъ кристаллографическихъ системъ. *Система кубическая или правильная.* стр. 20

Полногранныя формы—21. Описаніе простыхъ формъ кубической системы—26. Комбинаціи—33. Примѣры комбинацій—35. Геміэдрія кубической системы—39. Геміэдрія тетраэдрическая—46. Геміэдрія пентагональная—50. Геміэдрія гироэдрическая—54. Тетартоэдрія кубической системы—55. Общія замѣчанія относительно геміэдрическихъ и тетартоэдрическихъ формъ кубической системы—58. I. Таблица формъ кубической системы—62. II. Таблица формъ кубической системы—64.

Система квадратная или тетрагональная 68

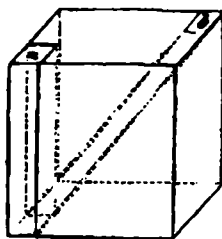
Полногранныя формы—69. Описаніе простыхъ формъ квадратной системы—78. Комбинаціи—81. Геміэдрія квадратной системы—84. Геміэдрія скаленоэдрическая—88. Геміэдрія пирамидальная—90. Геміэдрія трапецоэдрическая—92. Геміэдрія гемиморфная—93. Тетартоэдрія тетрагональной системы—94. Тетартоэдрія сфеноидическая тетрагональной системы—96. Тетартоэдрія гемиморфная тетрагональной системы—98. I. Таблица формъ тетрагональной системы—100. II. Таблица формъ тетрагональной системы—101.

Система гексагональная	102
Полногранные формы—103. Описание простых форм гексагональной системы—114. Комбинации—115. Геміэдрія гексагональной системы—117. Геміэдрія трапецоэдрическая—121. Геміэдрія пирамидальная—122. Комбинации формъ пирамидальной геміэдріи—123. Геміэдрія гемиморфная—124. Геміэдрія ромбоэдрическая или скаленоэдрическая—125. Комбинации формъ ромбоэдрической геміэдріи—127. Геміэдрія дитригональная—130. Тетартоэдрія гексагональной системы—131. Гемиморфная тетартоэдрія гексагональной системы—136. Трапецоэдрическая тетартоэдрія—136. Ромбоэдрическая тетартоэдрія—140. Дитригонально-гемиморфная тетартоэдрія—142. Тетартоэдрія тригональная—142. Огдоэдрія—143. I. Таблица формъ гексагональной системы. Отдѣленіе гексагональное—144. II Таблица формъ гексагональной системы. Отдѣленіе тригональное—145. III. Таблица формъ гексагонального отдѣленія гексагональной системы—146. IV. Таблица формъ тригонального отдѣленія гексагональной системы—147. Комбинации тетартоэдрическихъ формъ—148. Особенное обозначеніе ромбоэдровъ и скаленоэдровъ—152.	
Система ромбическая	155
Полногранные формы и ихъ комбинации—159. Геміэдрія ромбической системы—171. Таблица формъ ромбической системы—175.	
Система моносимметрическая	176
Комбинации полногранныхъ формъ—182. Геміэдрія моносимметрической системы—184. Таблица формъ моносимметрической системы—186.	
Система асимметрическая	187
Комбинации—191. Геміэдрія—195. Таблица формъ асимметрической системы—194.	
Двойники	
Двойники кубической системы—197. Двойники квадратной системы—198. Двойники гексагональной системы—200. Ромбической системы—204. Двойники моносимметрической системы—206. Двойники асимметрической системы—208. Миметизмъ кристалловъ—211.	
Несовершенства въ образованіи кристалловъ.	213
Измѣреніе кристалловъ	218
Сферическая проекція кристалловъ	228
Черченіе кристалловъ	241
Общій обзоръ тридцати двухъ кристаллическихъ классовъ.	247

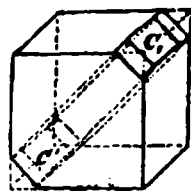
Кристаллографією називається ученіє о геометрическихъ, физическихъ и химическихъ свойствахъ *кристаллизованныхъ* тѣлъ. Тѣло кристаллизованное характеризуется своею полною однородностью: каждый обломокъ такого тѣла, какъ бы онъ малъ ни былъ, обладаетъ физическими и химическими свойствами, характерными для всего тѣла. Другая особенность кристаллизованнаго вещества выражается тѣмъ его свойствомъ, что сцѣпленіе и упругость въ немъ постоянны для каждаго даннаго направленія и измѣняются, вмѣстѣ съ измѣненіемъ направленія въ тѣлѣ, по нѣкоторому закону, постоянному для *даннаго* кристаллизованнаго тѣла и другихъ кристаллизованныхъ тѣлъ, построенныхъ по одинаковому съ нимъ типу. Тѣла, не обладающія вышеупомянутыми свойствами, называются *аморфными*.

Кристалломъ называется кристаллизованное вещество, ограниченное плоскостями, которыя, своею совокупностью, образуютъ геометрическое тѣло. Форма этого тѣла является внѣшнимъ выраженіемъ тѣхъ законовъ, которыми подчиненно распределеніе частицъ вещества въ кристаллизованномъ тѣлѣ.

Примѣръ: поваренная соль представляетъ химическое соединеніе хлора и натрія въ постоянномъ вѣсовомъ отношеніи 35,45 23,05; она встрѣчается въ природѣ въ видѣ кристалловъ, имѣющихъ кубическую форму, и въ видѣ массъ, которыя легко раскалываются по плоскостямъ, параллельнымъ плоскостямъ куба. Будемъ вырѣзывать изъ кубическаго кристалла поваренной соли параллелопипеды по различнымъ направленіямъ (фиг. 1), напр.,—параллельно естественному ребру куба (а), параллельно діагонали куба (б), параллельно линіи, соединяющей середины реберъ (фиг. 2, C , C')—опытъ показываетъ, что эти три параллелопипеда обнаруживаютъ различную степень упругости. Стекло представляетъ типичный образецъ аморфныхъ тѣлъ, такъ какъ упругость и другія физическія свойства выражаются въ

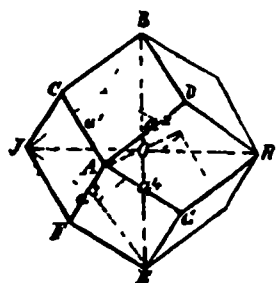


Фиг. 1.



Фиг. 2.

немъ одинаково по всѣмъ направленіямъ; химическій составъ стекла непостояненъ, оно имѣетъ характеръ сплава. Возвращаясь къ поваренной соли, какъ типичному кристаллизованному тѣлу, и производя надъ нею наблюденія, мы приходимъ къ заключенію, что распредѣленіе частицъ ея въ пространствѣ тѣсно связано съ кубическою симметріею: въ самомъ дѣлѣ: возьмемъ кусокъ поваренной соли, напр., изъ Илецкаго мѣсторожденія въ Оренбургской губ., кусокъ этотъ можетъ представлять обломокъ совершенно случайной формы, но, при ударѣ молоткомъ, онъ распадается на куски кубической формы, ограниченные блестящими плоскостями; какъ извѣстно, поваренная соль легко растворяется въ водѣ—вода разъединяетъ частицы соли и приводитъ ихъ въ состояніе удобоподвижности: когда вода испаряется, частицы поваренной соли выдѣляются изъ раствора и, подчиняясь взаимному притяженію, образуютъ кристаллы кубической формы, иногда мелкіе кубы сростаются между собою и образуютъ сростки кристалловъ въ видѣ ступенчатыхъ пирамидъ съ квадратнымъ основаніемъ; аналогичнымъ образомъ, мелкія капли воды, падая на блестящую гладкую поверхность кристалла поваренной соли и растворяя вещество ея, образуютъ пирамидальныя углубленія, которыя можно разсматривать какъ предѣлъ ступенчатыхъ образованій, составленныхъ изъ мелкихъ кубическихъ пустотъ, при величинѣ ихъ какъ угодно малой. Производя подобныя-же наблюденія надъ различными веществами, способными кристаллизоваться, мы приходимъ къ заключенію, что каждому такому, кристаллическому, веществу, при опредѣленномъ химическомъ составѣ, принадлежитъ опредѣленная кристаллографическая форма, и что наружная форма кристалла находится въ тѣсной связи съ внутренними свойствами вещества, его образующаго. Предметомъ настоящаго курса будетъ служить исключительно описанію геометрической формы кристалловъ, то есть, описаніе ихъ внѣшнихъ свойствъ—ихъ морфологія. Всѣ опыты и наблю-



Фиг. 3.

денія надъ кристаллами приводятъ насъ къ заключенію, что въ нихъ расположеніе вещества одинаково по одному и тому-же данному направленію, но измѣняется съ измѣненіемъ направленія. Съ внѣшней стороны, какъ мы видѣли, закономерность кристаллообразованія выражается въ ограниченіи кристаллизованнаго тѣла со всѣхъ сторонъ плоскостями, совокупность которыхъ представляетъ правильное геометрическое тѣло—кристаллъ.

Плоскости, ограничивающія кристаллъ, взаимнымъ пересѣченіемъ образуютъ ребра и углы. Плоскости (фиг. 3) $ABCD$, $FEGA$, ребра a^1 , a^2 , a^3 , a^4 и вершины угловъ A , B , C , D называются элементами ограниченія кристалла.

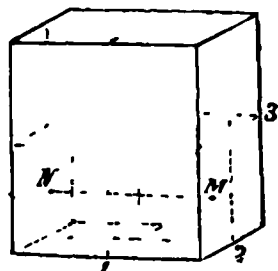
Разсматривая форму кристалла, независимо отъ вещества, которому

она принадлежит, мы изучаемъ элементы ограниченія и симметрію формы. Подробное описаніе плоскостей, реберъ и угловъ кристалловъ мы будемъ давать въ частныхъ случаяхъ; предварительно мы объяснимъ, что называется симметриею кристалловъ: въ кристаллографіи различаютъ плоскости симметріи, оси симметріи, центр симметріи. Изъ послѣдующаго изложенія будетъ видно, что кристаллъ представляетъ собою многогранникъ, ограниченный плоскостями, которыя могутъ быть между собою параллельны и не параллельны, таковы, напр.: кубъ, тетраэдръ, призма съ косымъ основаніемъ, у которой всѣ углы болѣе, или менѣе, 90° . На этихъ частныхъ примѣрахъ мы объяснимъ себѣ значеніе и смыслъ элементовъ симметріи.

Плоскость симметріи въ многогранникѣ дѣлитъ его на двѣ части такимъ образомъ, что если изъ точки M кристалла, расположенной по одну сторону плоскости симметріи, мы опустимъ на нее перпендикуляръ MO и продолжимъ его по другую сторону плоскости симметріи на разстояніе $NO = MO$, то мы находимъ точку N вполне аналогичную точкѣ M .

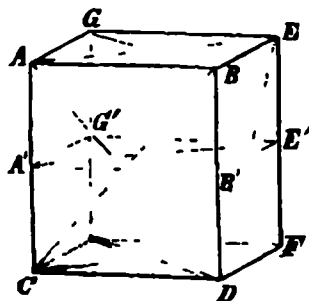
Итакъ, въ кубѣ мы проводимъ девять плоскостей симметріи:

а) три плоскости симметріи параллельно и перпендикулярно плоскостямъ куба, онѣ проходятъ чрезъ середины реберъ: очевидно, что, напр., плоскость 1 (фиг. 4) параллельна двумъ плоскостямъ куба и перпендикулярна четыремъ другимъ плоскостямъ; опуская изъ точки M перпендикуляръ MO на эту плоскость и полагая $NO = MO$, мы находимъ точку N совершенно аналогичную M , тоже будетъ имѣть мѣсто по отношенію къ плоскостямъ 2 и 3;

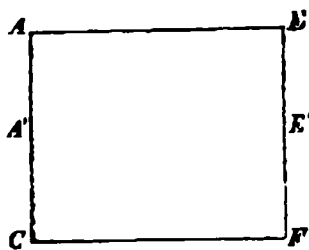


Фиг. 4.

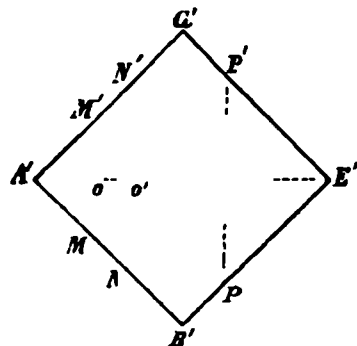
б) шесть плоскостей симметріи перпендикулярныя плоскостямъ куба и проходящія черезъ его ребра (фиг. 5) — представимъ себѣ сѣченіе $A'B'E'G'$ перпендикулярное одной изъ такихъ



Фиг. 5.



Фиг. 6 а.

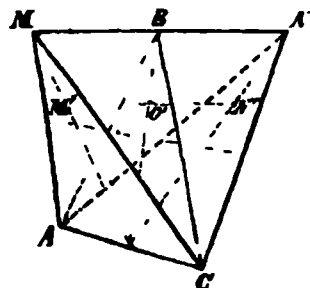


Фиг. 6 б.

плоскостей симметріи $ACEF$ (фиг. 5, фиг. 6а и фиг. 6б); очевидно, въсѣ (фиг. 6б) $MO = M'O$, $NO = N'O$, $PO = P'O$ и т. д., слѣдова-

тельно, рассматриваемая нами плоскость $AECF$ есть действительно плоскость симметрии куба.

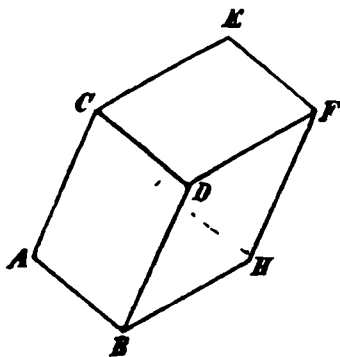
Въ тетраэдрѣ мы опредѣляемъ шесть плоскостей симметріи, каждая изъ нихъ проходитъ черезъ ребро тетраэдра перпендикулярно двумъ плоскостямъ ограниченія, такимъ образомъ она дѣлитъ пополамъ другое ребро тетраэдра, напр.: (фиг. 7) плоскость симметріи ABC проходитъ черезъ AC перпендикулярно плоскостямъ ограниченія MNC , MNA и дѣлитъ пополамъ ребро MN , взявъ нѣкоторую точку слѣва, напр. M' , опуская на ABC перпендикуляръ $M'O'$ и продолжая его по другую сторону этой плоскости, мы находимъ на разстояніи $N'O' = M'O'$ точку N' совершенно ана-



Фиг. 7.

логичную точку M' .

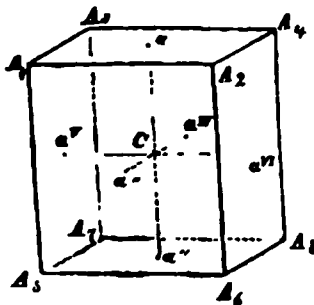
Въ косой призмѣ съ ромбoidalнымъ основаніемъ (фиг. 8), пользуясь приемами аналогичными предыдущимъ, мы не можемъ провести ни одной плоскости, которая удовлетворяла бы условіямъ, опредѣляющимъ плоскость симметріи.



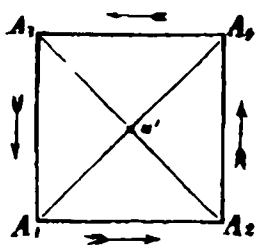
Фиг. 8.

Осью симметріи въ многогранникѣ называется линія, обладающая тѣмъ свойствомъ, что при поворотѣ кристалла около этой линіи, какъ оси вращенія, на нѣкоторый уголъ α , положеніе данной плоскости ограниченія кристалла займетъ другая, одноименная, и положеніе данного ребра занимаетъ другое, одноименное, такъ что

для наблюдателя положеніе кристалла представляется какъ бы не измѣненнымъ: въ кубѣ (фиг. 9а) линіи a^I , a^{II} , a^{III} , a^{IV} , a^V , a^{VI} , соединяющія середины плоскостей ограниченія, будутъ осями сим-



Фиг. 9 а.



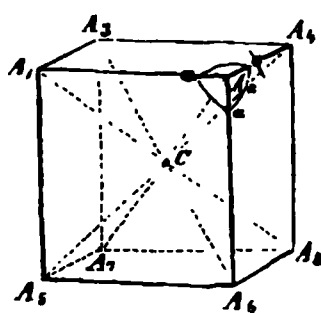
Фиг. 9 б.

метріи, потому что, напр., около линіи a^I , a^{II} кубъ можно поворачивать четыре раза, каждый разъ на уголъ $\alpha = \frac{360^\circ}{4} = 90^\circ$, до тѣхъ поръ, пока всѣ элементы ограниченія куба придутъ въ первоначальное положеніе. При

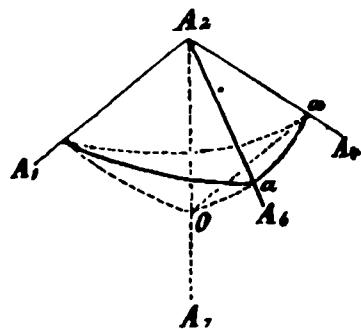
этомъ (фиг. 9б), если линіи A_1A_2 , A_2A_4 , A_4A_3 , A_3A_1 суть горизонтальныя ребра куба, то ребро, напр., A_1A_3 , послѣдовательно занимаетъ положеніе реберъ A_2A_4 , A_4A_3 , A_3A_1 и. наконецъ, первоначальное A_1A_2 , при вращеніи куба около оси a^I , a^{II} по направленію,

указанному стрѣлками. Очевидно, при такихъ поворотахъ, вертикальныя ребра куба мѣняютъ свое положеніе аналогичнымъ образомъ: напр., ребро A_1A_5 послѣдовательно занимаетъ положеніе реберъ A_2A_6 , A_4A_8 , A_3A_7 и, наконецъ, первоначальное A_1A_5 . Все это справедливо относительно каждой изъ такихъ же осей, проходящихъ чрезъ середины плоскостей куба. Это *оси симметріи четвертаго порядка*, такъ какъ, при вращеніи кристалла, рассматриваемое ребро мѣняетъ свое положеніе *четыре* раза для того, чтобы, послѣдовательно, занимая положеніе одноименныхъ реберъ, вернуться въ свое первоначальное положеніе. Мы легко опредѣляемъ порядокъ оси: онъ равняется $\frac{360}{\alpha}$, въ данномъ случаѣ $\alpha = 90^\circ$ и $\frac{360}{90} = 4$.

Соединяя въ кубѣ вершины трехгранныхъ угловъ A_2 и A_7 , мы получаемъ оси симметріи 3-го порядка (фиг. 10а), для наглядности, поставимъ кубъ такимъ образомъ, чтобы ось 3-го порядка A_2A_7 занимала вертикальное

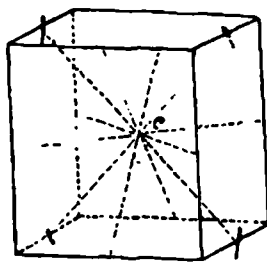


Фиг. 10 а.

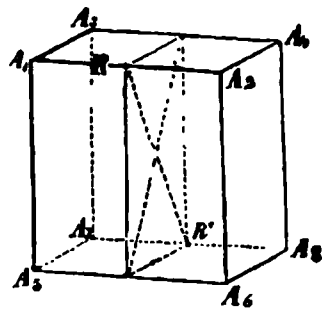


Фиг. 10 в.

положеніе (фиг. 10b):—такъ какъ A_2A_7 есть діагональ куба, то $A_1O = A_6O = A_4O$, углы $A_1A_2A_6 = A_6A_2A_4 = A_4A_2A_1 = 90^\circ$, слѣдовательно, поворачивая кубъ около оси A_2A_7 , мы постепенно приводимъ плоскость $A_1A_2A_6$ 1) въ положеніе $A_6A_2A_4$, затѣмъ 2) въ положеніе $A_4A_2A_1$ и наконецъ 3) въ первоначальное положеніе, очевидно, $\alpha = \frac{360}{3} = 120^\circ$. Наконецъ, соединяя середины реберъ куба прямыми линіями, мы получаемъ оси симметріи 2-го порядка (фиг. 11а): очевидно (фиг. 11b), что если мы проведемъ такую линію RR' , то при поворотѣ куба на 180° около этой оси, точка A_2 займетъ мѣсто точки A_1 (и наоборотъ), точка A_8 займетъ мѣсто точки A_7 (и наоборотъ), точки A_3 и A_4 займутъ положеніе точекъ A_6 и A_5 (и наоборотъ); при новомъ поворотѣ куба около RR' на 180° , мы возвращаемся къ его первоначальному положенію.



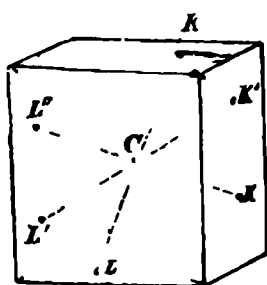
Фиг. 11 а.



Фиг. 11 в.

Кромѣ плоскостей и осей симметріи, мы находимъ въ кубѣ еще одинъ элементъ симметріи: *центр симметріи С*. Значеніе этой точки, опредѣляется тѣмъ, что, если мы возьмемъ нѣкоторую точку (фиг. 12)

K (или K' , K'') въ кристаллѣ, проведемъ линію KC (или же $K'C$, $K''C$) и отложимъ на ней, по другую сторону C , разстояніе $CL = CK$ (также $CL' = CK'$, $CL'' = CK''$), то L (или L' , L''), по положенію будетъ вполнѣ соответствовать точкѣ K (тоже справедливо по отношенію K' , K''). Слѣдовательно, въ кубѣ мы опредѣляемъ три плоскости симметріи параллельныя плоскостямъ ограниченія его и шесть плоскостей симметріи, проходящія чрезъ діагонали плоскостей ограниченія, мы обозначимъ эти плоскости симметріи соотвѣтственно $3P$ и $6P'$; кромѣ того, мы опредѣляемъ три оси симметріи четвертого порядка $3L^4$, четыре оси симметріи третьяго порядка $4L^3$, и шесть осей симметріи второго порядка $6L^2$; также опредѣляемъ центр симметріи C .

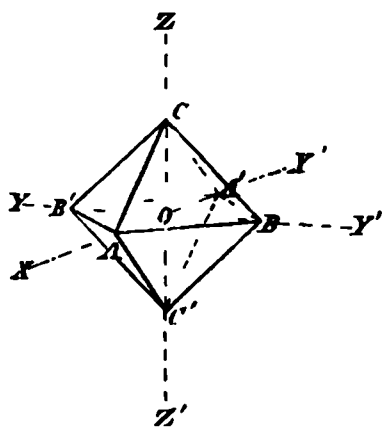


Фиг. 12.

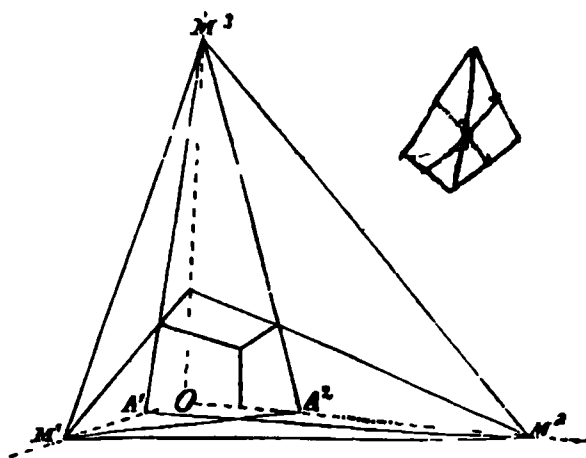
Въ тетраэдрѣ всѣ плоскости симметріи располагаются одинаково относительно элементовъ ограниченія кристалла, три оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ, четыре оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ угловъ и середины противоположныхъ плоскостей. центр симметріи отсутствуетъ.

Въ косой призмѣ съ ромбоидальнымъ основаніемъ опредѣляется только одинъ элементъ симметріи, центръ.

Для опредѣленія положенія плоскостей ограниченія кристалловъ, въ ихъ взаимномъ соотношеніи, удобно пользоваться системою трехъ координатныхъ осей (фиг. 13) XX' , YY' , ZZ' , проведенныхъ чрезъ центральную



Фиг. 13.



Фиг. 14 а.

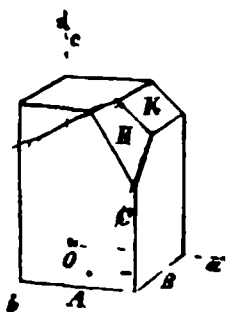
точку кристалла O и чрезъ какіе-нибудь элементы ограниченія кристалла, одноименные и одинаково расположенные. напр., вершины угловъ A , B , C , и имъ противоположныя; при этомъ положеніе плоскостей, ограничивающихъ кристаллъ, опредѣляется отрѣзками AO , BO , OC (фиг. 13) или OA^1 , OM^2 , OM^3 ; OA^2 , OM^1 , OM^3 (фиг. 14а), которые получаютъ непосред-

ственно, или-же при продолженіи плоскостей, на осяхъ координатъ: отрѣзки эти называются *параметрами* плоскостей кристалла. Въ отличіе отъ другихъ многогранниковъ, кристаллы характеризуются тою особенностью, что величины параметровъ плоскостей, ограничивающихъ данный кристаллъ, относяся какъ *простыя раціональныя* числа, если оси координатъ, на которыхъ опредѣляются эти параметры, проведены параллельно линиямъ, представляющимъ мѣста взаимнаго пересѣченія плоскостей, существующихъ на кристаллѣ или кристаллографически возможныхъ, по условіямъ симметріи кристалла.

Такъ пусть a, b, c координатныя оси, проведенныя чрезъ центръ кристалла параллельно тремъ его ребрамъ, не лежащимъ въ одной плоскости: пусть, затѣмъ $H, K, L, \dots, X$ плоскости, ограничивающія этотъ кристаллъ; $m, n, p, \dots, t, n_1, p_1, \dots, m_x, n_x, p_x$ отрѣзки этихъ плоскостей по тремъ осямъ, выраженные въ какой нибудь мѣрѣ длины, мы имѣемъ:

$$\begin{array}{lcl} m : m_1 : m_2 & \cdot m_x & \left. \begin{array}{l} \text{напр., какъ} \\ 1 \quad 2 \quad 3 \end{array} \right\} \\ & n_x & \\ p : p_1 : p_2 & p_x & \left. \begin{array}{l} 1/2 : 1/3 : 1/4 \\ \text{и т. под.} \end{array} \right\} \end{array}$$

На фиг. 14b мы имѣемъ восьмую часть кристалла, центръ котораго въ O ; a, b, c три координатныя оси, проведенныя чрезъ O параллельно тремъ ребрамъ A, B, C , не лежащимъ на одной плоскости. Плоскость H , при продолженіи ея до встрѣчи съ осями a, b, c , должна пересѣкать ихъ на разстояніяхъ отъ точки O равныхъ m, n, p ; плоскость K , при продолженіи до пересѣченія съ осями, дѣлаетъ на нихъ отрѣзки m_1, n_1, p_1 . Отношенія $m : m_1, n : n_1, p : p_1$ всегда выражаются цѣлыми раціональными числами, напр.



Фиг. 14b.

$$m : m_1 = 30 : 24,$$

$$p : p_1 = 10 : 16;$$

если K параллельно оси b , то можетъ быть

$$n : n_1 = 20 : \infty.$$

Съ другой стороны, очевидно

$$m : n : p = 30 : 20 : 10 = 3 \quad 2 \quad 1$$

и

$$m_1 : n_1 : p_1 = 24 : \infty : 16 = 3/2 : \infty : 1.$$

Отрѣзки координатныхъ осей, заключающіеся внутри кристалла, называются кристаллографическими осями; въ частныхъ случаяхъ онѣ могутъ совпадать съ осями симметріи, но это нельзя считать общимъ правиломъ, тѣмъ болѣе, что, напр., въ косой призмѣ съ ромбоидаль-

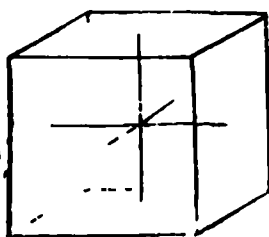
нымъ основаніемъ мы проводимъ оси кристаллографическія, но не можемъ опредѣлить ни одной оси симметріи. Величина кристаллографическихъ осей принимается единицею мѣры для опредѣленія параметровъ плоскостей. При этихъ условіяхъ, какъ мы видѣли, величины параметровъ плоскостей относятся, какъ простыя раціональныя числа: это основное положеніе кристаллографіи является результатомъ всѣхъ наблюдений, произведенныхъ надъ кристаллами, и приводитъ къ важнымъ заключеніямъ. Законъ раціональности параметровъ кристаллографическихъ формъ существенно ограничиваетъ ихъ разнообразіе: такимъ образомъ, напр., въ числѣ кристалловъ не могутъ быть двадцатигранникъ, ограниченный правильными пятиугольниками, и восьмигранная пирамида, имѣющая основаніемъ правильный восьмиугольникъ, такъ какъ параметры плоскостей у этихъ формъ выражались бы ирраціональными величинами; можно доказать, что раціональность параметровъ у кристалловъ обусловливается существованіемъ осей симметріи лишь 2, 3, 4 и 6 порядка, то есть, существованіемъ угловъ поворота кристалловъ около осей симметріи $\alpha = 180^\circ, 120^\circ, 90^\circ$ и 60° .

Такимъ образомъ, все разнообразіе кристаллическихъ формъ можетъ быть сведено къ небольшому числу группъ, изъ которыхъ каждая заключаетъ въ себѣ формы, обладающія одинаковою симметріею, и другія, отъ нихъ производныя. Каждая изъ такихъ группъ называется кристаллографическою системою.

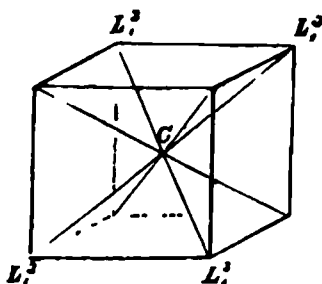
Мы будемъ различать всего шесть кристаллографическихъ системъ; въ послѣдствіи, принимая въ расчетъ формы производныя, мы подраздѣляемъ эти шесть системъ въ тридцать два класса. Первоначально мы познакомимся съ характеромъ симметріи системъ, не подраздѣляя ихъ на классы. Мы имѣемъ слѣдующія кристаллографическія системы: 1) кубическую или правильную, 2) квадратную или тетрагональную, 3) гексагональную, 4) ромбическую или орторомбическую, 5) моносимметрическую или клиноромбическую, 6) асимметрическую.

I. Система кубическая или правильная.

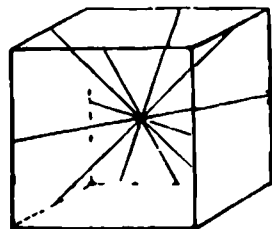
Представителемъ симметріи кубической системы можетъ служить кубъ (фиг. 15, 16, 17, 18 и 19), въ немъ мы опредѣляемъ центръ сим-



Фиг. 15.

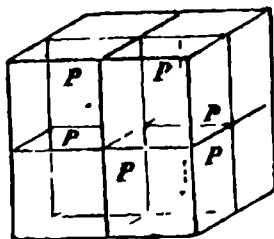


Фиг. 16.

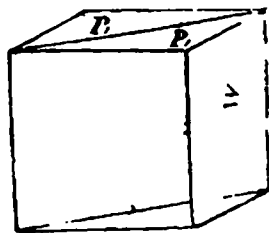


Фиг. 17.

метріи C , три оси симметріи четвертаго порядка L^4 (фиг. 15), соединяющія середины плоскостей куба, четыре оси симметріи третьяго порядка L^3 (фиг. 16), соединяющія вершины противоположащихъ трехгранныхъ угловъ куба, шесть осей симметріи втораго порядка L^2 (фиг. 17) соединяющія середины противоположащихъ реберъ куба, три плоскости симметріи P , параллельныя плоскостямъ куба (фиг. 18 и 4), шесть плоскостей симметріи P' (фиг. 19 и 5). Три плоскости симметріи P называются главными плоскостями симметріи, такъ какъ къ каждой изъ нихъ расположены перпендикулярно по двѣ пары другихъ плоскостей симметріи одинаковаго характера; кромѣ того, въ нихъ расположены по двѣ пары осей симметріи; три оси симметріи L^4 , перпендикулярныя къ этимъ плоскостямъ симметріи, называются главными осями симметріи. Общій символъ кубической системы:



Фиг. 18.

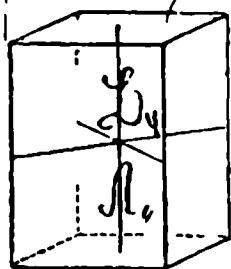


Фиг. 19.

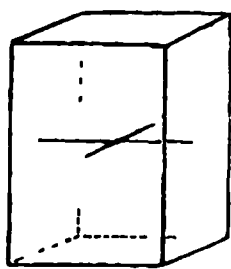
$$C, 3L^4, 4L^3, 6L^2, 3P, 6P'.$$

II. Система квадратная или тетрагональная.

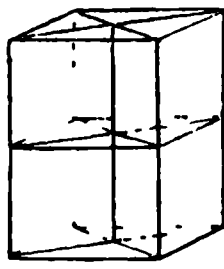
Представителемъ симметріи квадратной системы можетъ служить прямая призма съ квадратнымъ основаніемъ (фиг. 20, 21, 22, 23): въ



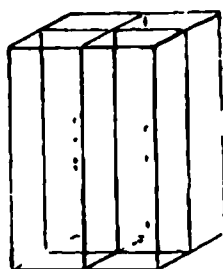
Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

ней мы опредѣляемъ центръ симметріи C , одну ось четвертаго порядка L^4 , которая соединяетъ середины основаній призмы (фиг. 20); двѣ оси втораго порядка L^2 , которыя соединяютъ середины противоположащихъ вертикальныхъ реберъ (фиг. 20), двѣ оси втораго порядка L^2 , соединяющія середины противоположащихъ вертикальныхъ сторонъ (фиг. 21). Одна плоскость симметріи P проходитъ перпендикулярно всѣмъ четыремъ вертикальнымъ сторонамъ призмы (фиг. 22), параллельно ея основанію; двѣ плоскости симметріи P проходятъ чрезъ вертикальныя ребра

призмы (фиг. 22), двѣ плоскости симметрии P проходятъ параллельно вертикальнымъ сторонамъ призмы (фиг. 23).

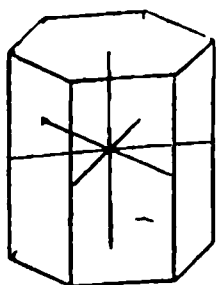
Плоскость симметрии Π заключаетъ въ себѣ оси L^2 и оси L_1^2 , остальные плоскости симметрии располагаются перпендикулярно этой плоскости — она называется *главною плоскостью симметрии*, ось Λ^4 , перпендикулярная этой плоскости, называется *главною осью симметрии*.

Общій символъ квадратной системы

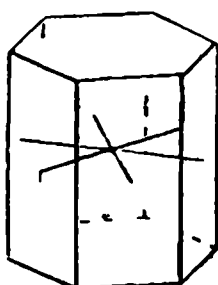
$$C, \Lambda^4, 2L^2, 2L_1^2, \Pi, 2P, 2P'$$

III Система гексагональная

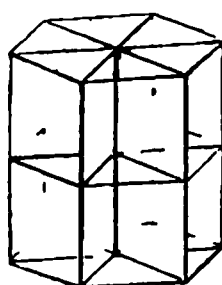
Представителемъ симметрии этой системы можетъ служить прямая призма съ гексагоналичнымъ основаніемъ (фиг. 24, 25, 26, 27), въ ней мы опредѣлимъ центръ симметрии C , ось шестого порядка Λ^6 , которая соединяетъ середины оснований призмы (фиг. 24), три оси второго порядка $3L^2$, которыя соединяютъ середины вертикальныхъ реберъ призмы (фиг. 24), три оси второго порядка $3L_1^2$, которыя соединяютъ середины вертикальныхъ плоскостей призмы (фиг. 25). Одна плоскость симметрии



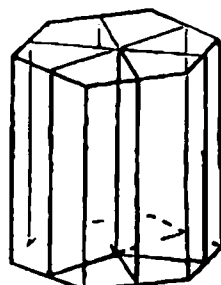
Фиг. 24.



Фиг 25.



Фиг 26



Фиг 27

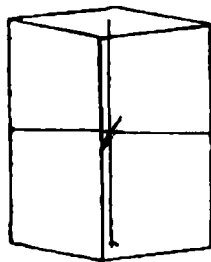
Π направляется перпендикулярно всѣмъ шести вертикальнымъ плоскостямъ призмы (фиг. 26), три плоскости симметрии P проходятъ черезъ вертикальные ребра призмы (фиг. 26), каждая изъ трехъ другихъ плоскостей симметрии P направляется перпендикулярно двумъ вертикальнымъ плоскостямъ призмы между собою параллельнымъ (фиг. 27)

Плоскость симметрии Π , заключающая въ себѣ три оси симметрии L^2 и три оси симметрии L_1^2 и перпендикулярная всѣмъ другимъ плоскостямъ симметрии, называется *главною плоскостью симметрии*, ось Λ^6 , перпендикулярная ей, называется *главною осью симметрии*. Общій символъ гексагональной системы

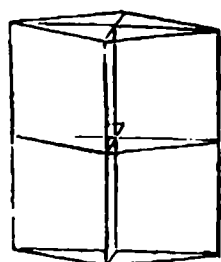
$$C, \Lambda^6, 3L^2, 3L_1^2, \Pi, 3P, 3P'.$$

IV. Система ромбическая или орторомбическая.

Представителем симметрии ромбической системы может служить прямая призма съ ромбическимъ основаніемъ (фиг. 28 и 29), въ ней мы опредѣляемъ центръ симметрии C , три оси симметрии второго порядка L^1, L^2, L^3 , — одна изъ нихъ соединяетъ середины оснований призмы, другія соединяютъ середины вертикальныхъ реберъ призмы, соответствующихъ острымъ и тупымъ двуграннымъ угламъ ея (фиг. 28) Подобнымъ же образомъ, въ ромбической призмѣ опредѣляются три плоскости симметрии одна изъ нихъ направляется перпендикулярно всѣмъ четыремъ вертикальнымъ плоскостямъ призмы, другія двѣ проходятъ чрезъ вертикальныя ребра ея, соответствующія тупымъ и острымъ двуграннымъ угламъ, очевидно, въ каждой изъ этихъ плоскостей лежатъ двѣ оси симметрии, перпендикулярно направляется третья ось. Общій символъ ромбической системы



Фиг. 28



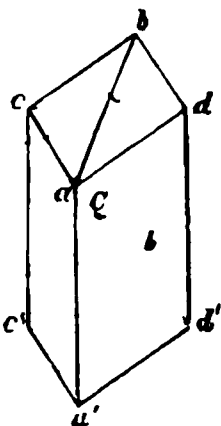
Фиг. 29

$$C, L^1, L^2, L^3, P, P, P$$

V Система моносимметрическая или клиноромбическая.

Клиновидная

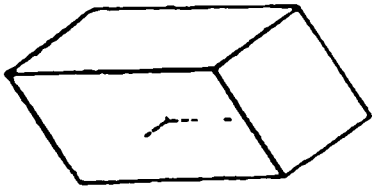
Представителемъ симметрии этой системы можетъ служить призма съ ромбическимъ основаніемъ, но не прямая, а наклоненная по направленію одной изъ діагоналей основанія, именно по ab (фиг. 30) Въ такой призмѣ мы опредѣляемъ центръ симметрии C , ось симметрии второго порядка, L^2 , которая соединяетъ середины двухъ противоположныхъ реберъ призмы, направляется параллельно cd и перпендикулярно единственной плоскости симметрии $abb'a$ (общій символъ моносимметрической системы,



Фиг. 30

$$C, L^2, P.$$

VI. Система асимметрическая.



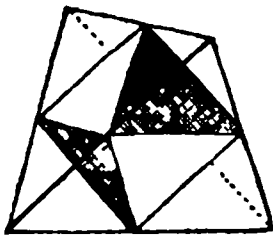
Фиг. 31.

Представителемъ симметріи этой системы можетъ служить параллелопипедъ, всѣ стороны котораго сунъ косые параллелограммы (фиг. 31 и 8). Въ такомъ параллелопипедѣ опредѣляется только центръ симметріи, другіе элементы симметріи отсутствуютъ. Общій символъ асимметрической системы:

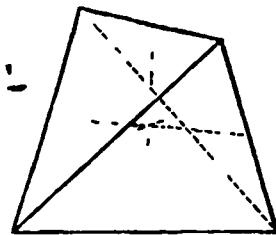
C.

Понятіе о неполногранныхъ кристаллографическихъ формахъ.

Формы, принадлежащія къ опредѣленной кристаллографической системѣ, слѣдовательно, обладающія опредѣленною симметріею, въ частныхъ случаяхъ понижаютъ степени симметріи, причемъ наружный видъ ихъ подвергается закономѣрнымъ измѣненіямъ. Такъ, проводя плоскости симметріи у правильного октаэдра, обладающаго всѣми тремя измѣреніями одинаковыми, мы относимъ его къ кубической системѣ, потому что въ немъ могутъ быть проведены девять плоскостей симметріи $3P$, $6P$. Пусть четыре плоскости ограниченія октаэдра развиваются въ поперечномъ порядкѣ такимъ образомъ, что промежуточныя плоскости совершенно подавляются ихъ развитіемъ (фиг. 32а), изъ октаэдра образуется тетраэдръ (фиг. 32б), на рисункѣ видно, что четыре бѣлыя плоскости, октаэдра своимъ развитіемъ, совершенно подавляютъ существованіе заштрихованныхъ плоскостей. Соотвѣственно этому понижается симметрия кристалла: въ тетраэдрѣ, какъ было указано на 7 фиг., можно провести только шесть плоскостей симметріи, которыя проходятъ чрезъ ребра формы перпендикулярно ея плоскостямъ, центръ симметріи отсутствуетъ, оси симметріи четвертаго порядка октаэдра превращаются въ оси второго порядка у тетраэдра, а оси симметріи второго порядка у октаэдра въ тетраэдрѣ исчезаютъ, остаются безъ измѣненія только оси симметріи третьяго порядка, которыя у октаэдра соединяютъ середины противоположныхъ плоскостей, а у тетраэдра — центръ плоскости ограниченія съ вершиною противолежа-



Фиг. 32 а.



Фиг. 32 б.

метріи, которыя проходятъ чрезъ ребра формы перпендикулярно ея плоскостямъ, центръ симметріи отсутствуетъ, оси симметріи четвертаго порядка октаэдра превращаются въ оси второго порядка у тетраэдра, а оси симметріи второго порядка у октаэдра въ тетраэдрѣ исчезаютъ, остаются безъ измѣненія только оси симметріи третьяго порядка, которыя у октаэдра соединяютъ середины противоположныхъ плоскостей, а у тетраэдра — центръ плоскости ограниченія съ вершиною противолежа-

щаго ей грехграннаго угла, такъ что у октаэдра симметрия выражается символомъ

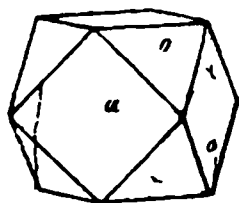
$$C, 3L^1, 4L^2, 6L^3, 3P, 6P$$

у тетраэдра. $\frac{1}{2}C, 3L^1, 4L^2, \frac{1}{2}OL^3, \frac{1}{2}OP, 6P.$

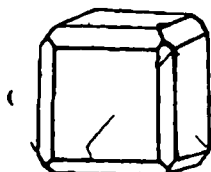
Такія нецотногранныя формы, связанныя закономерно съ полиогранными формами, называются формами *геміэдрическими*, *тетартэдрическими* и *оидоэдрическими*, въ зависимости отъ того, какая часть плоскостей въ полногранной формѣ, половинная, четвертая или восьмая своимъ развитіемъ образуетъ новую форму

Понятіе о кристаллическихъ комбинаціяхъ

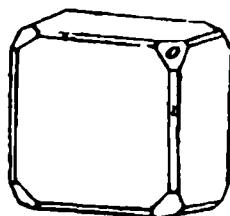
Между кристаллическими формами, мы прежде всего отличаемъ *простые* кристаллы, то есть такіе, которые ограничены лишь *одинаковыми* плоскостями — напр., кубъ, всѣ плоскости котораго квадраты, обыкновенный октаэдръ, всѣ плоскости котораго равносторонніе треугольники, ромбическій додекаэдръ (фиг 3), всѣ стороны котораго ромбы, тетраэдръ, всѣ стороны котораго равносторонніе треугольники и т. п. Затѣмъ мы отличаемъ комбинаціи простыхъ формъ между собою, такъ, напримѣръ (фиг 33), мы имѣемъ кубъ (*a*), улы котораго сръзаны плоскостями октаэдра (*o*), или (фиг. 34) — кубъ, ребра котораго сръзаны плоскостями ромбическаго додекаэдра и т. д. Такія образования бываютъ



Фиг. 33



Фиг. 34



Фиг. 35.

Часто болѣе сложныя фиг 35 представляютъ комбинацію куба *a*, октаэдра *o* и ромбическаго додекаэдра *r*.

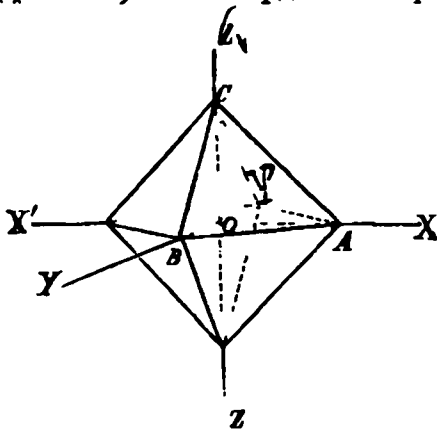
Кристаллографическія комбинаціи могутъ быть образованы лишь формами, обладающими одинаковою степенью симметріи: т. е., каждая данная комбинація бываетъ образована всегда формами, принадлежащими лишь къ одной и той же системѣ, кромѣ того, полногранныя формы данной системы вступаютъ въ комбинаціи лишь съ полиогранными, геміэдрическими съ геміэдрическими и т. д. Такъ какъ цотногранныя формы, принадлежащія къ какой-либо системѣ, обладаютъ способностью давать нецотногранныя формы различнаго наружнаго вида, въ зависимости отъ того, въ какомъ порядкѣ расположены плоскости развивающіяся и исчезающія то, какъ увидимъ, каждому такому способу геміэдріи и тетартэ-

одріи соотвѣтствуетъ особая степень симметріи. Слѣдовательно, въ связи съ тѣмъ, что сказано выше, въ комбинаціи формъ *неполногранныхъ* мы должны имѣть въ каждомъ данномъ случаѣ только формы, принадлежащія одной какой-либо геміэдріи или одной какой-либо тетартоэдріи.

Способъ обозначенія кристаллическихъ формъ а) по Вейсу, d) Науманну и с) Миллеру.

Для обозначенія кристаллографическихъ формъ по Вейсу, Науманну и Миллеру пользуются системою трехъ координатныхъ осей. Такъ какъ каждая изъ простыхъ формъ ограничена плоскостями одноименными, то достаточно бываетъ опредѣлить относительно этихъ осей положеніе только одной изъ плоскостей, ограничивающихъ форму.

Способъ Вейса исключительно основанъ на обозначеніи параметровъ плоскости кристалла. Проведемъ въ обыкновенномъ октаэдрѣ (фиг. 36) оси координатъ чрезъ вершины четырехранныхъ угловъ, оче-



Фиг. 36.

видно, всѣ онѣ пересѣкаются въ центрѣ кристалла. Параметръ правой верхней плоскости октаэдра (1) по оси XX' равняется OA , по оси YY' равняется OB , по ZZ' равняется OC , причемъ, очевидно, по свойствамъ октаэдра, $OA=OB=OC$ равно нѣкоторой величинѣ a . Слѣдовательно, мы можемъ характеризовать плоскость, какъ такую, которая дѣлаетъ равныя отрезки по всѣмъ осямъ координатъ, мы обозначаемъ ее $a : a : a$, этотъ знакъ пригоденъ для каждой плоскости октаэдра,

такъ какъ всѣ онѣ пересѣкаютъ оси координатъ на равныхъ разстояніяхъ. Для того, чтобы различать между собою всѣ восемь плоскостей октаэдра, по ихъ положенію, мы воспользуемся извѣстнымъ правиломъ:

правая верхняя передняя плоскость обозначается	a	a	a
лѣвая верхняя передняя	$— a$	a	a
правая нижняя передняя	a	a	$— a$
лѣвая нижняя передняя.	$— a$	a	$— a$
правая верхняя задняя	a	$— a$	a
лѣвая верхняя задняя	$— a$	$— a$	a
правая нижняя задняя	a	$— a$	$— a$
лѣвая нижняя задняя	$— a$	$— a$	$— a$

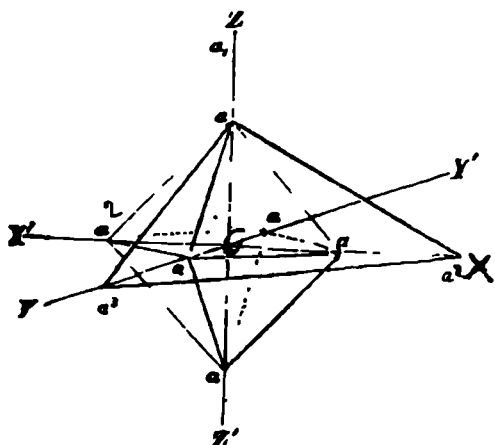
Представимъ себѣ нѣкоторую плоскость (фиг. 37), которая пересѣкаетъ ось ZZ' на разстояніи $Oa = a$, подобно октаэдру, ось XX' эта плоскость пересѣкаетъ на разстояніи $Oa^2 = 2a$, ось YY' — на разстояніи

$Oa^3 = 3a$, следовательно, положеніе этой плоскости опредѣляется параметрами

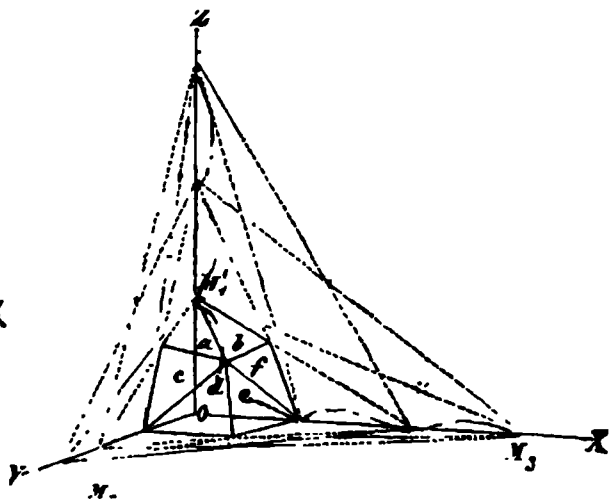
по оси XX' .	$. 2a$
по оси YY' .	$. 3a$
по оси ZZ' .	$. a$

знакъ этой плоскости будетъ $2a : 3a : a$.

Абсолютные размѣры параметровъ для насъ не имѣютъ значенія, такъ какъ, передвигая рассматриваемую плоскость параллельно самой себѣ, мы увеличиваемъ или уменьшаемъ на осяхъ всѣ параметры въ



Фиг. 37.



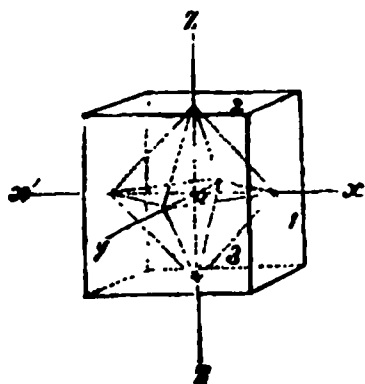
Фиг. 38.

одинаковое число разъ, а отношеніе между ними остается неизмѣннымъ. Напр., перемѣстимъ плоскость параллельно самой себѣ такъ, чтобы она пересѣкала ось ZZ' въ точкѣ a_p , причемъ $Oa_p = 1\frac{1}{2}a$ мы, естественно, для осей XX' и YY' будемъ имѣть параметры: $4\frac{1}{2}a$ по YY' и $3a$ по XX' , такъ что знакъ плоскости будетъ $3a : 4\frac{1}{2}a : 1\frac{1}{2}a$, онъ отличается отъ предыдущаго знака только множителемъ $1\frac{1}{2}$, который введенъ нами въ величину каждаго параметра; очевидно, сокращая на эту величину параметры $3a : 4\frac{1}{2}a : 1\frac{1}{2}a$, мы получимъ прежній знакъ плоскости $2a : 3a : a$.

Совокупность плоскостей на фиг. 38, соотвѣтствуетъ параметрамъ a , $2a$, $3a$, такъ какъ каждая изъ плоскостей пересѣкаетъ одну изъ осей координатъ на разстояніи a , другую на разстояніи $2a$, — третью на разстояніи $3a$, измѣняется только послѣдовательность — мы будемъ имѣть по осямъ XX' , YY' , ZZ' (фиг. 38):

для плоскости e	a	$2a$	$3a$
d	$2a$	a	$3a$
f	a	$3a$	$2a$
c	$3a$	a	$2a$
b	$2a$	$3a$	a
a	$3a$	$2a$	a

Если мы представимъ кубъ, описанный около октаэдра (фиг. 39), то каждому изъ шести четырехгранныхъ угловъ октаэдра, опредѣляющихъ его вершины, будетъ соответствовать, по положенію, одна плоскость куба. Оси координатъ, проходящія чрезъ вершины октаэдра, будутъ, очевидно, перпендикулярны плоскостямъ куба, такимъ образомъ, мы будемъ имѣть для плоскостей куба слѣдующія обозначенія: для (1) $\overset{x}{a} : \overset{y}{\infty} : \overset{z}{\infty}$, то есть, плоскость пересѣкаетъ ось XX' на разстояніи a отъ начала координатъ, и направляется параллельно двумъ другимъ осямъ; для (3) $\overset{x}{\infty} : \overset{y}{a} : \overset{z}{\infty}$,



Фиг. 39.

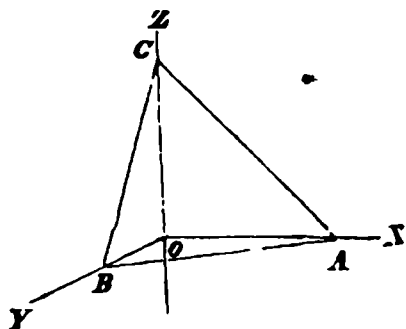
то есть, плоскость направляется параллельно XX' и YY' и пересѣкаетъ на разстояніи a ось

ZZ' ; для (2) $\overset{x}{\infty} : \overset{y}{\infty} : \overset{z}{a}$, то есть, плоскость пересѣкаетъ ось ZZ' на разстояніи a , направляясь параллельно другимъ осямъ. Плоскость куба параллельная плоскости (1), пересѣкающая ось XX' съ лѣвой стороны, обозначается: $-a : \infty$ точно также, плоскости куба, параллельныя плоскостямъ (3) и (2), обозначаются $\infty : -a$ и $\infty : \infty : -a$.

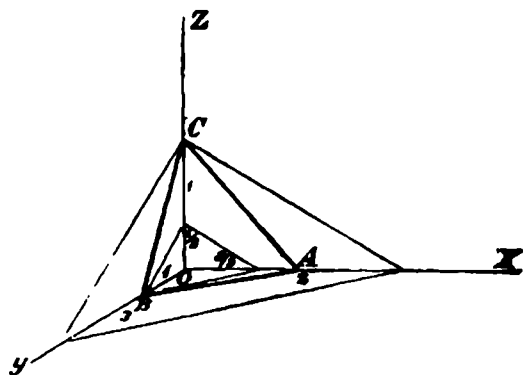
Слѣдовательно, по способу Вейса, каждая плоскость опредѣляется величиною отрезковъ, которые она дѣлаетъ на осяхъ координатъ непосредственно или при продолженіи.

По способу Наумана обозначаются не отдѣльныя плоскости, ограничивающія формы, но обозначается вся форма, то есть, совокупность ограничивающихъ ее плоскостей. Для этой цѣли Науманъ предложилъ особые символы, такъ, октаэдръ, плоскости котораго, по Вейсу, обозначаются $a \ a \ a$ съ соответствующими знаками. Науманъ обозначаетъ буквою O . первую буквою слова *Octaëder*. Форму, плоскости которой опредѣляются параметрами $a, 2a, 3a$, расположенными въ различномъ порядкѣ, смотря по тому, о какой плоскости этой формы мы говоримъ, Науманъ обозначаетъ символомъ $3O2$, или, въ болѣе общей формѣ, mOn , при чемъ m и n обозначаютъ цѣлыя раціональныя числа или отношенія такихъ чиселъ, напр., $3O2$, $5O4$, $\frac{3}{2}O\frac{1}{2}$ и проч., обыкновенно, большую изъ этихъ величинъ ставятъ впереди O . Кубъ по Науману $\infty O\infty$. Очевидно, по способу Вейса, плоскости обозначаются точнѣе, но символы Наумана удобны по своей краткости. Способъ Миллера для начинающихъ представляетъ извѣстныя трудности, но онъ обладаетъ и существенными преимуществами, въ сравненіи со способами Вейса и Наумана. Для представленія себѣ основной идеи обозначенія кристалловъ по Миллеру, мы опять рассмотримъ положеніе плоскостей октаэдра относительно осей координатъ. Положеніе плоскости октаэдра опредѣ-

ляется отрезками $OA=OB=OC=a$ (фиг. 40). Плоскость, которая пересекает оси на расстояниях, напр., $a, 2a, 3a$, necessarily располагается вне октаэдра если принимаем $a=1$, то для октаэдра имеем



Фиг. 40.



Фиг. 41.

$OA \quad OB \quad OC=1 : 1 \quad 1$, а для плоскости, обладающей параметрами $2a, 3a, a$, имеем $2OA \quad 3OB \quad OC=2 \quad 3 : 1$ (фиг. 41).

Будем перемещать плоскость $2 \quad 3 \quad 1$ параллельно самой себе до тех пор, пока она не займет место *внутри октаэдра* (фиг. 41, обозначено линиями), это перемещение соответствует делению параметров $2 : 3 : 1$ на наибольший из них, который мы принимаем за единицу ($3OB$), тогда мы получим $\frac{2}{3} \quad 1 \quad \frac{1}{3}$ или, по приведении к одному числителю, $\frac{2}{3} : \frac{1}{3} : \frac{1}{3}$. Если мы будем рассматривать плоскость, параметры которой $1 : 2 : 2$, то перемещающаяся параллельно самой себе внутри октаэдра, имеем $\frac{1}{2} : 1 : 1$ (фиг. 42). Плоскость куба $1 \infty \infty$ можно обозначить выражением $\frac{1}{1} : \frac{1}{\infty} : \frac{1}{\infty}$. Такъ какъ въ этихъ выраженіяхъ, въ каждомъ данномъ случаѣ, числители равны между собою, то для символическаго обозначенія плоскостей пользуются лишь знаменателями; такимъ образомъ. для плоскости $2 : 3 : 1$, по Миллеру, мы будемъ имѣть знакъ (326),

для плоскости $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{1}$, (211);

для плоскости $1 \infty \infty$, (100).

Величины, заключенныя въ скобки, называются «индексами» плоскостей (Index—указатель), совокупность индексовъ представляетъ «символъ» плоскости. Для того, чтобъ перейти, напр., отъ индексовъ (632) къ соответствующимъ параметрамъ, нужно взять дроби, у которыхъ *одинаковые числители*, а *знаменатели* соответственно равны индексамъ, напр.:

$$\frac{1}{6}, \frac{1}{3}, \frac{1}{2} \text{ или } \frac{m}{6}, \frac{m}{3}, \frac{m}{2}$$

всѣ дроби дѣлимъ на самую малую и получаемъ

$$1, \frac{1}{3}, \frac{1}{2} \text{ или } 1, \frac{6m}{3m}, \frac{6m}{2m},$$

то есть 1, 2, 3

отношеніе 1 : 2 : 3 или $a : 2a : 3a$ представляетъ знакъ плоскости, выраженный ея параметрами.

Для плоскости (211) параметры опредѣляются $\frac{1}{2}, \frac{1}{1}, \frac{1}{1}$; раздѣливъ эти дроби на наименьшую, получимъ 1, 2, 2 и отсюда $\frac{1}{1}, \frac{2}{2}, \frac{2}{2}$.

Для куба мы беремъ символъ, напр., (100) и опредѣляемъ $\frac{1}{1}, \frac{1}{0}, \frac{1}{0}$, отсюда $1 \infty \infty$.

Очевидно, способъ Миллера является измѣненіемъ способа Вейса въ томъ отношеніи, что здѣсь мы имѣемъ, вмѣсто параметровъ плоскостей, ихъ индексы, помощью которыхъ можно опредѣлять отдѣльныя плоскости формы, также, какъ посредствомъ параметровъ. при чемъ знакъ—(минусъ), опредѣляющій направленіе оси координатъ, пересѣкаемой данною плоскостью, ставятъ надъ индексомъ:

$\begin{pmatrix} x & y & z \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$ —символъ *правой верхней* плоскости октаэдра,

$\begin{pmatrix} 1 & 1 & \bar{1} \end{pmatrix}$ —символъ *правой нижней* плоскости октаэдра,

$\begin{pmatrix} \bar{1} & 1 & 1 \end{pmatrix}$ —символъ *левой верхней* плоскости октаэдра,

$\begin{pmatrix} \bar{1} & 1 & \bar{1} \end{pmatrix}$ —символъ *левой нижней* плоскости октаэдра,

и т. д.

Въ болѣе общей формѣ символъ октаэдра выражается $(h \ h \ h)$, символъ формы, соотвѣтствующей индексамъ 6, 3, 2 въ общемъ видѣ $(h \ k \ l)$,—этотъ символъ пригоденъ для обозначенія каждой кристаллографической формы, ограниченной плоскостями, пересѣкающими всѣ три оси на разныхъ разстояніяхъ, относящихся другъ къ другу, какъ $\frac{1}{h} : \frac{1}{k} : \frac{1}{l}$ или $\frac{a}{h} : \frac{b}{k} : \frac{c}{l}$, если a, b, c являются отдѣльными *единицами мѣры* для направленій, соотвѣтствующихъ осямъ $XX', YY' \text{ и } ZZ'$, что имѣетъ значеніе, напр., для формъ ромбической системы.

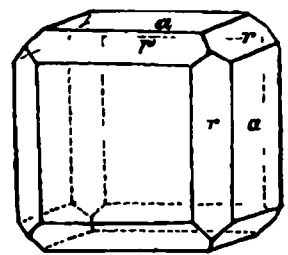
Символъ плоскости въ общемъ видѣ $h \ k \ k$, при чемъ $h > k$, очевидно, это частный случай $h \ k \ l$, для $h > k$, и $k = l$. Мы замѣтимъ здѣсь, что, обыкновенно, для символа *всей* формы употребляется выраженіе, напр., $\{h \ k \ l\}$ или $\{h \ k \ k\}$, а для каждой *отдѣльной* плоскости формы употребляется выраженіе, напр., $(h \ k \ l)$ или $(h \ k, k)$, $(h \ k \ \bar{l})$ или $(h \ k \ \bar{k})$.

Способъ Миллера имѣетъ преимущество предъ способами Вейса и Наумана въ томъ отношеніи, что здѣсь можно обозначать каждую плос-

кость въ отдѣльности и символы весьма просты, сверхъ того, при кристаллографическихъ вычисленіяхъ, индексы удобнѣ параметровъ. Въ виду этого, обозначеніе Миллера начинаетъ преобладать во всѣхъ научныхъ сочиненіяхъ по кристаллографіи и минералогіи; поэтому, мы будемъ пользоваться, при изложеніи «общаго курса кристаллографіи», преимущественно обозначеніями Миллера и Наумана, прибѣгая къ обозначеніямъ формъ по способу Вейса лишь въ исключительныхъ случаяхъ, не смотря на то, что для начинающихъ изучать науку обозначеніе плоскостей при помощи индексовъ менѣе наглядно, нежели обозначеніе посредствомъ параметровъ.

Кристаллографическія зоны.

Кристаллографическою зоною или поясомъ называется совокупность плоскостей кристалла, пересѣкающихся въ ребрахъ взаимно параллельныхъ. Напр., на фиг. 43, мы имѣемъ кубъ (a), ребра котораго срезаны плоскостями двѣнадцатигранника (r), очевидно, здѣсь плоскости обѣихъ формъ, вступающихъ въ комбинацію, лежатъ въ одной зонѣ, такъ какъ ребра ихъ взаимнаго пересѣченія другъ другу параллельны. Точно также, на фиг. 35, напр., мы имѣемъ три плоскости — кубъ, октаэдръ и двѣнадцатигранникъ — расположенныя въ одной зонѣ. Линія, проходящая чрезъ центръ кристалла, параллельно плоскостямъ, образующимъ зону — слѣдовательно, параллельно и ребрамъ зоны — называется осью зоны.



Фиг. 43.

Обозначеніе кристаллическихъ плоскостей по способу Миллера даетъ возможность легко формулировать условія существованія ихъ въ одной зонѣ.

Положимъ, мы имѣемъ три плоскости, расположенныя въ одной зонѣ (фиг. 35); верхнюю плоскость куба 001, (o) плоскость октаэдра 111, (r) плоскость двѣнадцатигранника 110; индексы этихъ плоскостей удовлетворяютъ слѣдующему условію:

напишемъ индексы плоскостей (r) и (o) такимъ образомъ

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

отдѣлимъ два крайніе столбца и перемножимъ остальные индексы въ порядкѣ, указанномъ линіями $\times$, измѣняя послѣдовательно знаки, при переходѣ отъ одного столбца къ другому

$$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline (1.1---0.1) & (0.1-1.1) & (1.1-1.1) \end{array}$$

умножимъ выраженія, находящіяся въ скобкахъ, на индексы третьей плоскости 001, и сложимъ ихъ, *при этомъ, сумма будетъ равна нулю*, въ самомъ дѣлѣ: $0(1 \cdot 1 - 0 \cdot 1) + 0(0 \cdot 1 - 1 \cdot 1) + 1(1 \cdot 1 - 1 \cdot 1)$, очевидно, равняется нулю, такъ какъ $1(1 - 1) = 0$.

Подобнымъ образомъ плоскости (110), (111), (112) должны быть расположены въ одной зонѣ комбинаціоннаго кристалла, такъ какъ, по предъидущему

$$\begin{array}{r|rrrr|r} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline (1 \cdot 1 - 0 \cdot 1) & (0 \cdot 1 - 1 \cdot 1) & (1 \cdot 1 - 1 \cdot 1) & & & \end{array}$$

при умноженіи этихъ выраженій, въ скобкахъ, соответственно на 1, 1 и 2—индексы третьей плоскости—будемъ имѣть

$$1(1 \cdot 1 - 0 \cdot 1) + 1(0 \cdot 1 - 1 \cdot 1) + 2(1 \cdot 1 - 1 \cdot 1) = 0.$$

Это условіе можетъ быть выражено въ болѣе общемъ видѣ: если три плоскости, положеніе которыхъ опредѣляется индексами $h k l$, $m n p$, $q r s$, образуютъ кристаллографическую зону, то они должны удовлетворять условію

$$\begin{array}{r|rrrr|r} h & k & l & h & k & l \\ & \times & \times & \times & & \\ m & n & p & m & n & p \\ \hline (kp - nl) & (lm - ph) & (hn - mk) & & & \\ q(kp - nl) + r(lm - ph) + s(hn - mk) & = 0. & & & & \end{array}$$

Впослѣдствіи, мы будемъ пользоваться общимъ выраженіемъ закона зонъ для вычисленія индексовъ плоскостей.

Очевидно, зоны наблюдаются не только въ комбинаціяхъ формъ, но и въ простыхъ формахъ, такъ, въ гексагональной призмѣ (фиг. 24 и слѣдующія) всѣ вертикальныя плоскости образуютъ одну зону, ось этой зоны совпадаетъ съ осью симметріи Δ^6 ; въ кубѣ четыре плоскости параллельныя одной и той-же оси 4-го порядка образуютъ одну зону и проч.

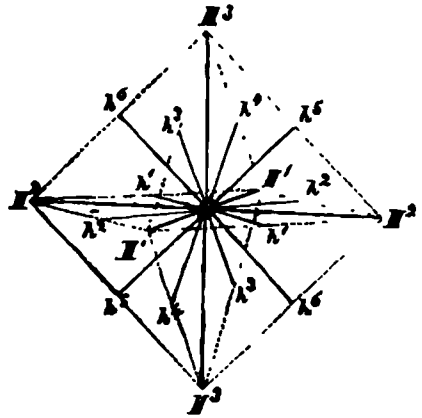
Описаніе отдѣльныхъ кристаллографическихъ системъ.

Система кубическая или правильная.

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

Къ системѣ кубической относятся всѣ формы, обладающія девятью плоскостями симметріи, и производныя отъ нихъ формы геміэдрическія и тетартэдрическія. Изъ девяти плоскостей симметріи три, однородныя,

пересекаются между собою подъ углами въ 90° ; линіи взаимнаго пересѣченія этихъ плоскостей мы совмѣщаемъ съ осями координатъ, онѣ совпадаютъ съ отрѣзками координатныхъ осей внутри кристалла и называются по величинѣ и направленію главными кристаллографическими осями системы: обозначая длину ихъ a , мы имѣемъ $a:a:a=1$, уголъ между осями $\hat{a}a=90^\circ$; очевидно, эти три плоскости совпадаютъ съ плоскостями координатъ XOZ , YOZ , XOY , мы будемъ называть ихъ главными кристаллографическими плоскостями—формы кубической системы раздѣляются этими плоскостями на восемь октантовъ. На фиг. 44 главные кристаллографическія оси H^1H^1 , H^2H^2 , H^3H^3 , онѣ совпадаютъ съ осями симметріи 4-го порядка: это октаэдръ кубической системы и здѣсь такія оси проходятъ чрезъ вершины четырехранныхъ угловъ; h^1h^1 , h^2h^2 h^6h^6 совпадаютъ съ осями симметріи 2-го порядка, онѣ проходятъ чрезъ середины реберъ, оси симметріи 3-го порядка совпадаютъ съ линіями, на рисункѣ не указанными, которыя проходятъ чрезъ середины плоскостей октаэдра взаимно параллельныхъ. Плоскости симметріи $3P$ проходятъ чрезъ ребра октаэдра, и чрезъ оси H^1H^1 , H^2H^2, плоскости $6P^1$ проходятъ чрезъ H^1h^3 , H^2h^3 , H^3h^1 ... перпендикулярно плоскостямъ ограниченія октаэдра.



Фиг. 44.

Полногранные формы.

Для изученія полногранныхъ формъ кубической системы мы проводимъ въ нихъ оси координатъ такъ, чтобъ начало координатной системы совпадало съ центромъ кристалла, а направленіе осей совпадало съ осями симметріи 4-го порядка.

При этихъ условіяхъ, положеніе плоскостей ограниченія кристалла выражается помощью отрѣзковъ на осяхъ координатъ, которые получаютъ непосредственно (фиг. 13) или-же при продолженіи плоскостей (фиг. 14а). Длина этихъ отрѣзковъ считается отъ начала координатъ съ соотвѣствующими знаками (+) и (—).

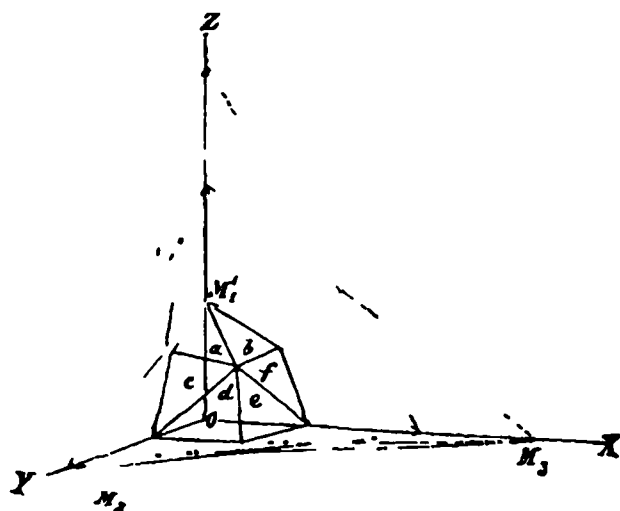
Положеніе какой нибудь плоскости, которая дѣлаетъ на осяхъ координатъ отрѣзки pa , qa , ra , выраженные при помощи длины кристаллографической оси a , опредѣляется отношеніемъ

$$pa \quad qa \quad ra$$

принимая, что $p < q$ и $p < r$, мы получаемъ, раздѣливъ всѣ величины на p :

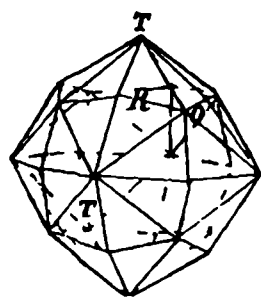
$$a : \frac{q}{p} \quad a : \frac{r}{p} \quad a,$$

при чемъ, какъ сказано (стр. 7) $\frac{q}{p}$ и $\frac{r}{p}$ величины цѣлыя рациональныя или же отношенія величинъ цѣлыхъ рациональных; мы полагаемъ $\frac{q}{p} = m$, $\frac{r}{p} = n$. въ частныхъ случаяхъ напр., $m = 2$, $n = 3$, $m = 2$, $n = 4$, $m = \frac{1}{2}$, $n = \frac{1}{3}$ и др. Существованіе въ кубической системѣ шести плоскостей симметріи P' необходимо обуславливаетъ въ каждомъ октантѣ появленіе еще пяти аналогичныхъ плоскостей такъ, напр., въ переднемъ верхнемъ октантѣ справа мы будемъ имѣть, кромѣ вышеуказанной плоскости a ta na (фиг. 45, e):



Фиг. 45.

кладывая на этихъ осяхъ отъ начала координатъ отрезки a , ta , na ($n > m$), мы получаемъ шесть плоскостей въ одномъ октантѣ, а всего,



Фиг. 46.

$6 \times 8 = 48$, сорокъ восемь плоскостей, ограничивающихъ эту кристаллографическую форму, сорокавосемьгранникъ (фиг. 46); форма эта ограничена неравносторонними треугольниками, каждая такая плоскость ограниченія пересѣкаетъ всѣ три оси на различныхъ разстояніяхъ: a , ta , na или, принимая $a = 1$ —1, m , n —очевидно, число плоскостей въ октантѣ—шесть—равно числу всѣхъ возможныхъ перемѣщеній трехъ элементовъ. пусть (фиг. 45) $a \equiv o$ $M = 1$, $n > m > 1$ имѣемъ для плоскостей.

	x	y	z	напр..			
a	n	m	1	напр..	3	2	1
b	m	n	1		2	3	1
c	n	1	m		3	1	2
d	m	1	n		2	1	3
e	1	m	n		1	2	3
f	1	n	m		1	3	2

- $x \quad y \quad z$
- (d) $ta \cdot a : na$
 (f) $a : na : ta$
 (c) $na \cdot a : m$
 (b) $ta \cdot na : a$
 (a) $na : ta \cdot a$

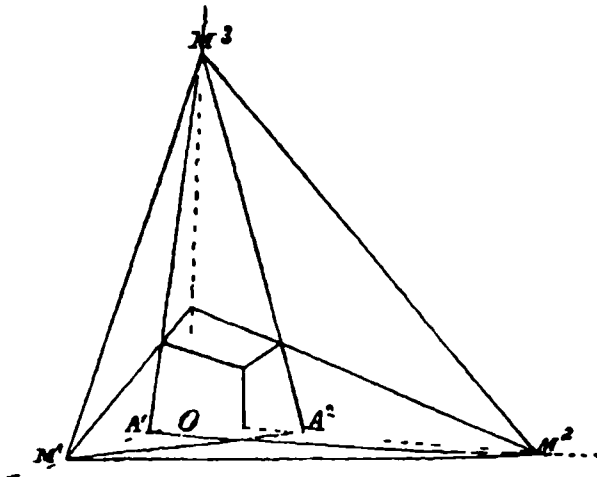
если ось координатъ OX направлена параллельно наблюдателю и расположена горизонтально, ось OY направлена къ наблюдателю и расположена горизонтально, ось OZ направлена параллельно наблюдателю и расположена вертикально; от-

Вся совокупность форм кубической системы получается изъ 48-гранника, если давать частныя значенія m и n въ знакѣ $1 : m \ n$.

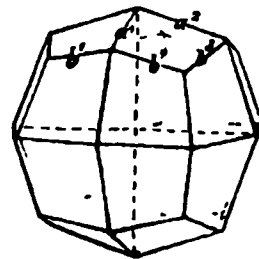
1. Въ выраженіи $1 \ m \ n$ имѣемъ $n > m > 1$, совокупность плоскостей такого рода образуетъ, какъ мы видѣли. 48-гранникъ.

2. Въ выраженіи $1 \ m \ n$ имѣемъ $n = m > 1$, выраженіе въ этомъ случаѣ принимаетъ видъ $1 \ m \ m$ или $1 \ n \ n$, оно соотвѣтствуетъ плоскости, которая пересѣкаетъ непосредственно ось OX (фиг. 47а) на

разстояніи $OA^2 = 1$, а двѣ другія оси на равныхъ разстояніяхъ OM^1 и OM^2 ; въ каждомъ октантѣ, при соотвѣствующихъ перемѣщеніяхъ $1, m, n$ и при $n = m > 1$, мы можемъ



Фиг. 47 а

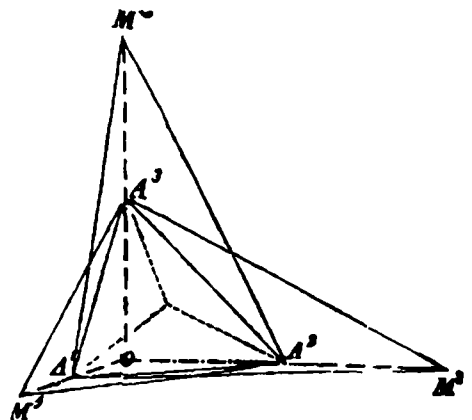


Фиг. 47 b.

представить три такіа плоскости и получаемъ форму, ограниченную 24 трапецоидами, форма эта обыкновенно называется икоситетраэдромъ, ее можно назвать также трапецидальнымъ двадцатичетырехгранникомъ (рис. 47b) или трапецоэдромъ.

3. Въ выраженіи $1 \ m \ n$ имѣемъ $n = m = \infty$, оно соотвѣтствуетъ плоскости, которая пересѣкаетъ ось OX на разстояніи $= 1$, а другія оси не пересѣкаетъ, направляясь имъ параллельно (фиг. 39); при соотвѣствующихъ перемѣщеніяхъ $1, m, n$ и при $m = n = \infty$, мы можемъ представить шесть такихъ плоскостей, образующихъ свою совокупность кубъ.

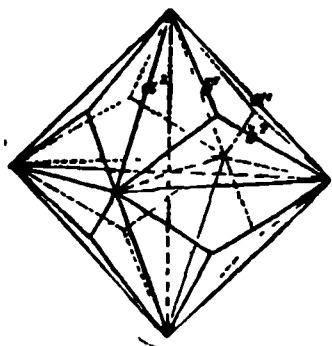
4. Въ выраженіи $1 \ m \ n$ имѣемъ $m = 1, n > 1$, выраженіе принимаетъ видъ $1 \ 1 : n$, оно соотвѣтствуетъ плоскости, которая (фиг. 48а) непосредственно пересѣкаетъ ось OX и OY на разстояніяхъ $OA^1 = OA^2 = 1$, а ось OZ на разстояніи OM^3 ; въ каждомъ октантѣ, при соотвѣствующихъ перемѣщеніяхъ, мы можемъ представить три такіа плоскости и полу-



Фиг. 48 а.

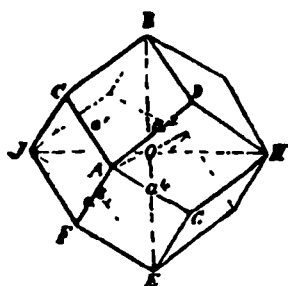
чаемъ форму, ограниченную 24 равнобедренными треугольниками, форма эта называется пирамидальнымъ октаэдромъ (фиг. 48b).

Икоситетраэдръ и пирамидальный октаэдръ оба ограничены двадцатью четырьмя плоскостями, каждая изъ плоскостей пересѣкаетъ двѣ оси на одинаковыхъ разстояніяхъ, третью ось на другомъ разстояніи. Разница между ними заключается въ томъ, что плоскости икоситетраэдра пересѣкаютъ двѣ оси координатъ на разстояніяхъ большихъ единицы, напр. $1 : m : m$, пирамидальный октаэдръ ограниченъ плоскостями, которыя пересѣкаютъ одну ось на разстояніи большемъ единицы, напр., $1 : 1 : n$. Вслѣдствіе этого, икоситетраэдръ ограниченъ трапецоидами, пирамидальный октаэдръ ограниченъ равнобедренными треугольниками.



Фиг. 48 b.

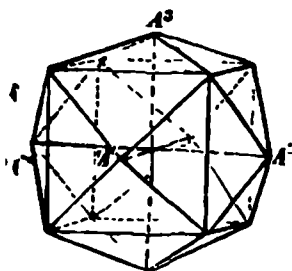
5. Въ выраженіи $1 : m : n$ имѣемъ $m=1, n=\infty$, выраженіе принимаетъ видъ $1 : 1 : \infty$, оно соотвѣтствуетъ плоскости, которая (фиг. 49)



Фиг. 49.

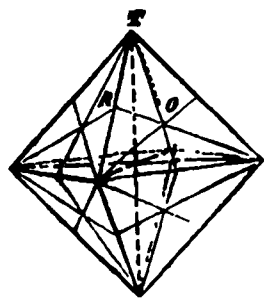
пересѣкаетъ оси координатъ OX и OY на равныхъ разстояніяхъ, $OA = OB = 1$, и направляется параллельно оси OZ ; по условіямъ симметріи кубической системы, эта плоскость должна повторяться двѣнадцать разъ, вслѣдствіе чего получается форма, ограниченная двѣнадцатью плоскостями ромбами — ромбическій додекаэдръ.

6. Въ выраженіи $1 : m : n$ имѣемъ $m > 1, n=\infty$; выраженіе принимаетъ видъ $1 : m : \infty$, оно соотвѣтствуетъ плоскости, которая пересѣкаетъ одну ось координатъ на разстояніи 1 непосредственно, другую ось эта плоскость пересѣкаетъ при продолженіи, на разстояніи, $m > 1$, и направляется параллельно третьей оси. По условіямъ симметріи кубической системы, эта плоскость повторяется двадцать четыре раза, получается форма, пирамидальный кубъ (фиг. 50), ограниченная двадцатью четырьмя равнобедренными треугольниками.



Фиг. 50.

7. Въ выраженіи $1 : m : n$ имѣемъ $m=1, n=1$, оно принимаетъ видъ $1 : 1 : 1$ и соотвѣтствуетъ плоскости, пересѣкающей три оси координатъ на одинаковыхъ разстояніяхъ; по условіямъ



Фиг. 51.

симметріи кубической системы, эта плоскость должна повторяться восемь разъ (фиг. 51): очевидно, если $1 : n : m$ соотвѣтствуетъ 48-граннику,

то при $m = n = 1$, всѣ шесть плоскостей его, расположенныя въ одномъ октантѣ верхнемъ правомъ и опредѣляемыя параметрами:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & m & n & 1 & n & m \\ m & 1 & n & m & n & 1 \end{array}$$

сливаются въ одну, положеніе которой опредѣляется отрезками 1 1 1.

Науманъ, для символическаго обозначенія формъ кубической системы, исходитъ отъ октаэдра, который обозначаетъ O (начальная буква слова *Octaëder*); для обозначенія другихъ формъ, онъ помѣщаетъ по обѣ стороны знака октаэдра коэффициенты m и n , давая имъ значенія отъ 1 до ∞ , при чемъ $m = 1$ или $n = 1$ не пишеть вовсе: такимъ образомъ:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| 1) 48-гранникъ обозначается | $mOn, n > m,$ |
| 2) икоситетраэдръ. | $mOm, m = n:$ |
| 3) кубъ | $\infty O\infty, m = n = \infty:$ |
| 4) пирамидальный октаэдръ | $On, m = 1, n > 1;$ |
| 5) ромбическіи додекаэдръ. | $O\infty, m = 1, n = \infty;$ |
| 6) октаэдръ. | $O, m = n = 1;$ |
| 7) пирамидальный кубъ | $mO\infty, m > 1, n = \infty.$ |

Очевидно, изъ знака 48-гранника, по Науману, mOn , помѣняя значенія m и n отъ 1 до ∞ , и, въ частныхъ случаяхъ, приравнивая ихъ другъ другу, мы получаемъ знаки всѣхъ формъ кубической системы.

Въ своемъ мѣстѣ мы дали понятіе о способѣ обозначенія кристаллическихъ формъ по Миллеру, рассмотрѣвъ его приложение къ частнымъ случаямъ. По способу Миллера формы кубической системы обозначаются слѣдующимъ образомъ:

48-гранникъ	$\{hkl\}, h > k > l$	напр. $\{321\}$
икоситетраэдръ	$\{hll\}, k = l,$	напр. $\{211\}$
пирамидальный октаэдръ	$\{hkl\}, h = k,$	напр. $\{221\}$
пирамидальный кубъ	$\{hk0\}, l = 0,$	напр. $\{210\}$
октаэдръ	$\{hhh\}, h = k, k = l$	или $\{111\}$
ромбическіи додекаэдръ	$\{hh0\}, h = k, l = 0$	или $\{110\}$
кубъ	$\{h00\}, k = l, l = 0$	или $\{100\}$

Знаки Миллера даютъ возможность опредѣлить каждую плоскость кристаллической формы, такъ мы имѣемъ:

(100)—плоскость куба, пересѣкающая ось XX' справа, параллельная осямъ YY' и ZZ' .

($\bar{1}00$)—плоскость куба, пересѣкающая ось XX' слѣва, параллельна осямъ YY' и ZZ' ;

(010)=передняя плоскость куба, пересѣкающая ось YY' , параллельная осямъ XX' и ZZ' ;

(0 $\bar{1}$ 0)—задняя плоскость куба, пересекающая ось YY' , параллельная осямъ XX' и ZZ' ;

(001)—верхняя плоскость куба, пересекающая ось ZZ' , параллельная осямъ XX' и YY' ;

(00 $\bar{1}$)—нижняя плоскость куба, пересекающая ось ZZ' , параллельная осямъ XX' и YY' .

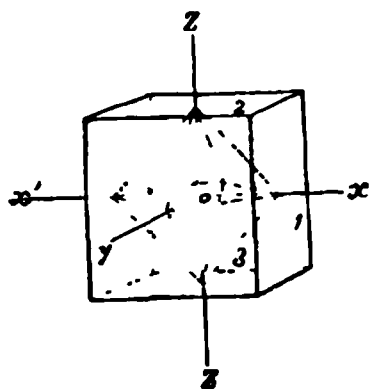
Подобнымъ образомъ различается положеніе плоскостей у другихъ формъ, напр.: (hkl), ($\bar{h}kl$), ($\bar{h}k\bar{l}$) и ($\bar{h}\bar{k}\bar{l}$) и т. под. Мы напомнимъ, что переходъ отъ индексовъ плоскости къ отръѣзамъ, которые она дѣлаетъ на осяхъ координатъ, дѣлается такимъ образомъ: имѣемъ {321}', общій числитель равенъ величинѣ оси октаэдра: $\frac{a}{3}$ $\frac{a}{2}$ $\frac{a}{1}$ или $\frac{1}{3}$

$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{1}$, 1 $\frac{8}{2}$ 3; по Науману, знакъ формы $3O \frac{8}{2}$.

Описаніе простыхъ формъ кубической системы.

1. Кубъ. $\infty O \infty \{100\}$.

Кубъ ограниченъ шестью квадратами, которые, взаимнымъ пересѣченіемъ, образуютъ двѣнадцать реберъ и восемь точекъ: ребрамъ соотвѣтствуютъ прямые двугранные углы, точки совпадаютъ съ вершинами трехгранныхъ угловъ. Три оси симметріи 4-го порядка (фиг. 15) проходятъ чрезъ середины параллельныхъ плоскостей куба; четыре оси симметріи



Фиг. 52.

3-го порядка (фиг. 16) проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ угловъ куба, совпадая съ его діагоналями; шесть осей симметріи 2-го порядка (фиг. 17) соединяютъ середины противоположащихъ реберъ куба. Координатныя оси совмѣщаются съ осями симметріи 4-го порядка; части координатныхъ осей, расположенныя внутри кристалла, принято называть *кристаллографическими* осями *главными* (фиг. 52), въ отличіе отъ другихъ осей, *тригональныхъ* и *ромбическихъ*: главные оси совпадаютъ, по направленію, съ осями сим-

метріи 4-го порядка, тригональныя—съ осями 3-го порядка, ромбическія—съ осями 2-го порядка.

Три плоскости симметріи P параллельны плоскостямъ ограниченія (фиг. 18), въ каждой расположены двѣ оси симметріи 4-го порядка и двѣ оси 2-го порядка. шесть плоскостей симметріи P' (фиг. 19) направлены перпендикулярно плоскостямъ ограниченія по ихъ діагоналямъ, каждая изъ нихъ заключаетъ ось симметріи 4-го порядка, двѣ оси 3-го порядка, ось 2-го порядка. Три плоскости симметріи параллельныя пло-

скостямъ куба называются также *главными кристаллографическими плоскостями*, онѣ совпадаютъ съ плоскостями координатъ и *главныя кристаллографическія оси* можно разсматривать, какъ мѣста ихъ взаимнаго пересѣченія.

Очевидно, при указанномъ выше расположеніи координатныхъ осей, каждая плоскость куба пересѣкаетъ одну изъ осей координатъ на вѣ-
которомъ опредѣленномъ разстояніи и направляется параллельно двумъ другимъ осямъ.

2. Октаэдръ. $O \{111\}$.

Октаэдръ ограниченъ восемью равносторонними треугольниками, которые взаимнымъ пересѣченіемъ образуютъ двѣнадцать реберъ и шесть точекъ; ребрамъ соотвѣтствуютъ двугранные углы, измѣряемые $109^{\circ}28'16'',4$; точки совпадаютъ съ вершинами четырехгранныхъ угловъ.

Три оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины четырехгранныхъ угловъ, четыре оси 3-го порядка проходятъ чрезъ середины плоскостей, шесть осей 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ (фиг. 44 и 52). Координатныя оси, совмѣщаемыя съ осями симметріи 4-го порядка, проходятъ чрезъ вершины четырехгранныхъ угловъ, слѣдовательно, главныя кристаллографическія оси, вообще соединяющія одноименные и одинаково расположенные элементы ограниченія, проходятъ чрезъ вершины угловъ T (фиг. 51), а не чрезъ середины плоскостей, какъ въ кубѣ (фиг. 52); линіи, соединяющія въ октаэдрѣ середины противоположащихъ плоскостей O (фиг. 51) и, по положенію, соотвѣтствующія осямъ симметріи 3-го порядка, принято называть тригональными осями, такъ какъ, по положенію, относительно главныхъ кристаллографическихъ осей, линіи эти совпадаютъ съ направлениемъ тригональныхъ осей куба; подобнымъ же образомъ, линіи, соединяющія середины реберъ октаэдра R (фиг. 51) и совпадающія съ осями симметріи 2-го порядка, называютъ ромбическими осями октаэдра.

Три плоскости симметріи октаэдра, соотвѣтствующія плоскостямъ симметріи, обозначаемымъ въ общей характеристикѣ системы буквою P , направляются чрезъ противоположація его ребра: каждая изъ этихъ плоскостей заключаетъ въ себѣ двѣ оси 4-го порядка и двѣ оси 2-го порядка: шесть другихъ плоскостей симметріи, обозначаемыя въ общей характеристикѣ системы буквою P' , направляются перпендикулярно плоскостямъ ограниченія октаэдра, соединяя вершины угловъ его съ точками, дѣлящими пополамъ его ребра (фиг. 44 и 51). Очевидно, три главныя кристаллографическія плоскости совпадаютъ съ плоскостями симметріи, проходящими черезъ ребра. Каждая плоскость ограниченія пересѣкаетъ три оси координатъ на одинаковыхъ разстояніяхъ, какъ указано выше.

3. Ромбическій додекаэдръ. $O \in \{110\}$.

Ромбическій додекаэдръ ограниченъ двѣнадцатью ромбами, которые, взаимнымъ пересѣченіемъ, образуютъ двадцать четыре одноименныя ребра (фиг. 49) a^1, a^2, a^3, a^4 имъ соотвѣтствуютъ двугранные углы въ 120° — шесть точекъ, соотвѣтствующихъ вершинамъ четырехгранныхъ угловъ A, B, E, H, J и восемь точекъ, соотвѣтствующихъ вершинамъ трехгранныхъ угловъ $C, D, F, G \dots$ Оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины четырехгранныхъ угловъ, оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ угловъ, оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины плоскостей ограниченія. Координатныя оси, какъ и въ другихъ формахъ системы, проходятъ чрезъ оси симметріи 4-го порядка, следовательно, главныя кристаллографическія оси соединяютъ между собою вершины трехгранныхъ угловъ, оси ромбическія соединяютъ середины противоположащихъ ромбовъ, ограничивающихъ форму. Очевидно, тригональныя оси совпадаютъ съ осями симметріи 3-го порядка, ромбическія оси совпадаютъ съ осями симметріи 2-го порядка.

Три плоскости симметріи P проходятъ чрезъ вершины четырехгранныхъ угловъ перпендикулярно плоскостямъ ограниченія; положенія другихъ плоскостей симметріи P' опредѣляется въ каждомъ октантѣ тремя ребрами соотвѣтствующаго трехграннаго угла.

Каждая плоскость ограниченія пересѣкаетъ двѣ оси координатъ на одинаковыхъ разстояніяхъ и направляется параллельно третьей оси координатъ.

4. Пирамидальный октаэдръ. $O \in \{k k l\}$.

Пирамидальный октаэдръ ограниченъ двадцатью четырьмя равнобедренными треугольниками, взаимнымъ пересѣченіемъ ихъ образуется всего $12 + 24 = 36$ реберъ; двѣнадцать реберъ $a^1, a^2 \dots$ (48 б) соотвѣтствуютъ ребрамъ октаэдра: двѣнадцать реберъ $b^1, b^2 \dots$ располагаются по три въ каждомъ октантѣ, аналогично ребрамъ ромбическаго додекаэдра. По наружному виду, форма представляетъ октаэдръ, на плоскостяхъ котораго помѣщены трехгранныя пирамиды. Шесть дитетрагональныхъ угловъ по положенію соотвѣтствуютъ четырехграннымъ угламъ октаэдра, восемь трехгранныхъ угловъ соотвѣтствуютъ такимъ же угламъ ромбическаго додекаэдра.

Оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины дитетрагональныхъ угловъ, оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ угловъ; оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ, соотвѣтствующихъ ребрамъ октаэдра. Главныя кристаллографическія оси соединяютъ вершины дитетрагональныхъ угловъ, тригональныя оси соединяютъ вершины трехгранныхъ угловъ, ромбическія оси соединяютъ середины реберъ, соотвѣтствующихъ ребрамъ октаэдра.

Три плоскости симметріи P проходятъ чрезъ ребра, соотвѣтствующи-

ція ребрамъ октаэдра; шесть плоскостей симметріи P' проходятъ чрезъ ребра трехгранныхъ угловъ.

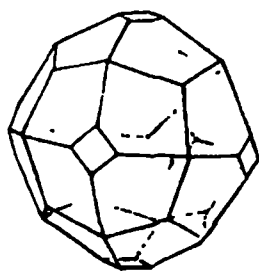
Каждая плоскость пирамидальнаго октаэдра пересѣкаетъ двѣ оси координатъ на одинаковыхъ разстояніяхъ, третью ось она пересѣкаетъ на разстояніи большемъ (фиг. 48 а).

Очевидно, пирамидальный октаэдръ можно разсматривать, какъ форму, промежуточную между октаэдромъ и ромбическимъ додекаэдромъ; уменьшая до нуля высоту каждой изъ пирамидъ, расположенныхъ на плоскостяхъ октаэдра, вписаннаго въ пирамидальный октаэдръ, мы обращаемъ его въ обыкновенный октаэдръ; увеличивая высоту пирамидъ до тѣхъ поръ, пока плоскости, ихъ образующія, будутъ идти параллельно соотвѣтствующимъ осямъ координатъ, мы получимъ ромбическій додекаэдръ. Другими словами, если $On (k k l)$ соотвѣтствуетъ плоскости пирамидальнаго октаэдра, то при $n = \infty (l = 0)$ мы получаемъ плоскость ромбическаго додекаэдра, при $n = 1 (l = k, k = 1)$, получаемъ плоскость октаэдра.

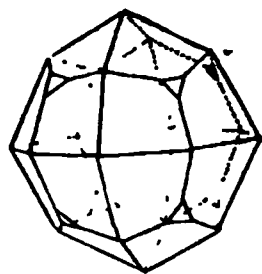
5. Икоситетраэдръ $m Om \{hll\}$.

Икоситетраэдръ или трапецоидальный двадцатичетырехгранный ограниченъ двадцатью четырьмя трапецоидами, почему его называютъ также трапецоэдромъ. У икоситетраэдра опредѣляются $24 + 24 = 48$ реберъ; 24 ребра одного рода расположены въ трехъ главныхъ плоскостяхъ $a^1, a^2, \dots$ (фиг. 47 б); 24 ребра другого рода располагается по три въ каждомъ октантѣ b^1, b^2, b^3 (фиг. 47 б); шесть четырехгранныхъ угловъ, обладающихъ равными между собою двугранными углами, двѣнадцать четырехгранныхъ угловъ, обладающихъ двугранными углами попеременно равными, восемь трехгранныхъ угловъ.

Оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины шести четырехгранныхъ угловъ; оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины восьми трехгранныхъ угловъ, оси 2-го порядка проходятъ чрезъ вершины двѣнадцати четырехгранныхъ угловъ, обладающихъ двугранными углами попеременно равными. Оси координатъ, слѣдовательно, и главныя кристаллографическія оси соединяютъ вершины четырехгранныхъ угловъ, обладающихъ двугранными углами равными между собою, — проводя плоскости перпендикулярныя такимъ осямъ нѣсколько ниже вершинъ угловъ (фиг. 53 а), мы получаемъ шесть квадратовъ, по своему положенію соотвѣтствующіе шести плоскостямъ куба — мы назовемъ эти углы *кубическими*. — Оси тригональныя соединяютъ вершины трехгранныхъ



Фиг. 53 а.



Фиг. 53 б.

угловъ, плоскости перпендикулярны этимъ осямъ образуютъ, при пересѣченіи съ плоскостями ограниченія формы, восемь равностороннихъ треугольниковъ, по положенію соотвѣствующихъ восьми плоскостямъ октаэдра (фиг. 53b) — мы назовемъ эти углы *октаэдрическими*. — Если ромбическія соединяють вершины двѣнадцати четырехгранныхъ угловъ. двугранные углы которыхъ попеременно равны; плоскости перпендикулярны этимъ осямъ, при условіяхъ аналогичныхъ предыдущимъ, образуютъ двѣнадцать ромбовъ, соотвѣствующихъ плоскостямъ ромбическаго додекаэдра — мы назовемъ эти углы *ромбическими*.

Положеніе трехъ плоскостей симметріи P опредѣляется положеніемъ двадцати четырехъ реберъ a^1, a^2 (фиг. 47 b) одного рода; положеніе шести другихъ плоскостей симметріи опредѣляется двадцатью четырьмя ребрами другого рода b^1, b^2, b^3 (фиг. 47 b). Каждая плоскость икоситетраэдра пересѣкаетъ одну ось координатъ на разстояніи меньшемъ, нежели двѣ другія оси координатъ, которыя она пересѣкаетъ на одинаковыхъ разстояніяхъ.

6. Пирамидальный кубъ. $m O \in \{h k O\}$.

Пирамидальный кубъ ограниченъ двадцатью четырьмя равнобедренными треугольниками. Форма эта напоминаетъ кубъ, на плоскостяхъ котораго четырехгранные пирамиды. Плоскости взаимнымъ пересѣченіемъ образуютъ $12 + 24 = 36$ реберъ, при нихъ 12 соотвѣствуютъ по положенію ребрамъ обыкновеннаго куба, 24 ребра другого рода представляютъ собою вершинныя ребра шести пирамидъ, по положенію соотвѣствующихъ плоскостямъ обыкновеннаго куба.

Въ пирамидальномъ кубѣ наблюдаются восьмь дитригональных и шесть тетрагональныхъ угловъ — дитригональные углы по положенію соотвѣствуютъ тригональнымъ угламъ куба, тетрагональные углы соотвѣствуютъ плоскостямъ куба $A^1, A^2, A^3 \dots$ (фиг. 50).

Оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины тетрагональныхъ угловъ, оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины дитригональныхъ угловъ, оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ, соотвѣствующихъ ребрамъ куба. Оси координатъ, слѣдовательно, и кристаллографическія оси проходятъ чрезъ вершины тетрагональныхъ угловъ, положеніе тригональныхъ и ромбическихъ осей понятно само собою.

Каждая изъ трехъ плоскостей симметріи P проходитъ перпендикулярно восьми плоскостямъ пирамидальнаго куба, образующимъ одну зону, положеніе каждой изъ шести плоскостей симметріи P' опредѣляется, какъ въ обыкновенномъ кубѣ, съ тѣмъ лишь различіемъ, что въ кубѣ каждая плоскость проходитъ чрезъ діагональ плоскости ограниченія, а здѣсь — черезъ два ребра, по положенію соотвѣствующихъ такой діагонали.

Каждая плоскость ограниченія пирамидальнаго куба пересѣкаетъ одну ось координатъ на разстояніи наименьшемъ, другую ось на раз-

стояніи болѣе, относительно третьей оси координатъ она располагается параллельно.

7. Сорокавосьмигранникъ. $m O n \{h k l\}$.

Сорокавосьмигранникъ, какъ показываетъ названіе, ограниченъ 48-ю плоскостями, неравносторонними треугольниками; плоскости взаимнымъ пересѣченіемъ образуютъ $24 + 24 + 24 = 72$ ребра (фиг. 46); 24 ребра одного рода, положимъ, 1-го рода, располагаются въ трехъ плоскостяхъ симметріи однородныхъ P (это суть ребра RT на фиг. 46); 24 ребра одного рода, положимъ, 2-го рода, располагаются по три въ каждомъ октантѣ и по своему положенію соотвѣтствуютъ аналогичнымъ ребрамъ пирамидальнаго октаэдра или ромбическаго додекаэдра (это суть ребра TO); 24 ребра одного рода, положимъ 3-го рода, располагаются также по три въ каждомъ октантѣ и по своему положенію соотвѣтствуютъ аналогичнымъ ребрамъ трапецоэдра (это суть ребра RO на фиг. 46).

Въ 48-ми гранникѣ наблюдаются *шесть* дитетрагональныхъ угловъ (T) аналогичныхъ соотвѣтствующимъ угламъ пирамидальнаго октаэдра, *восемь* дитригональныхъ угловъ аналогичныхъ дитригональнымъ угламъ пирамидальнаго куба (O); *двенадцать* ромбическихъ четырехгранныхъ угловъ (R), аналогичныхъ ромбическимъ угламъ икоситетраэдра. Въ вершинахъ угловъ дитетрагональныхъ сходятся ребра 1-го рода и 2-го рода, въ вершинахъ угловъ дитригональныхъ сходятся ребра 2-го рода и 3-го рода, въ вершинахъ угловъ ромбическихъ сходятся ребра 1-го рода и 3-го рода.

Оси симметріи 4-го порядка проходятъ чрезъ вершины дитетрагональныхъ угловъ (T), оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины дитригональныхъ угловъ (O), оси 2-го порядка проходятъ чрезъ вершины ромбическихъ угловъ (R). Оси координатъ, слѣдовательно и главные кристаллографическія, проходятъ чрезъ вершины дитетрагональныхъ угловъ, оси тригональныя проходятъ чрезъ вершины дитригональныхъ угловъ, оси ромбическія проходятъ чрезъ вершины ромбическихъ угловъ.

Положеніе трехъ плоскостей симметріи P указано выше; положеніе остальныхъ плоскостей симметріи P опредѣляется въ каждомъ октантѣ тремя ребрами 2-го рода и соотвѣтствующими имъ по положенію ребрами 3-го рода.

Каждая плоскость 48-ми гранника пересѣкаетъ всѣ три оси координатъ на разстояніяхъ конечныхъ, но неодинаковыхъ. Углы дитетрагональные (T) въ 48-ми гранникѣ называются кубическими (T —Tessera, игральная кость, кубъ), такъ какъ восемь плоскостей, образующія такой уголъ, по положенію, соотвѣтствуютъ плоскости куба, и въ вершинѣ угла выходитъ ось симметріи 4-го порядка; углы дитригональные (O) называются октаэдрическими, такъ какъ шесть плоскостей, образующія такой

уголъ, по своему положенію соотвѣтствуютъ плоскости октаэдра, а въ вершинѣ его выходитъ ось симметріи 3-го порядка; группа четырехъ плоскостей, образующихъ ромбическій уголъ (R), соотвѣтствуетъ плоскости ромбическаго додекаэдра, въ вершинѣ такого угла выходитъ ось симметріи 2-го порядка. (Сравн. фиг. 51—октаэдръ).

При разсмотрѣніи комбинацій полногранныхъ формъ кубической системы, мы можемъ пользоваться слѣдующими руководящими признаками: перпендикулярно осямъ симметріи 4-го порядка располагаются плоскости куба, перпендикулярно осямъ симметріи 3-го порядка располагаются плоскости октаэдра, перпендикулярно осямъ 2-го порядка располагаются плоскости ромбическаго додекаэдра; въ одной зонѣ съ гранями октаэдра $1:1:1$ и куба $1:\infty:\infty$ располагаются грани формъ, обозначаемыхъ знакомъ $1:m:m$, т. е. грани трапезоэдровъ—очевидно, въ частномъ случаѣ, при $m=1$, получаемъ октаэдръ, при $m=\infty$ получаемъ кубъ; въ одной зонѣ съ гранями октаэдра $1:1:1$ и ромбическаго додекаэдра $1:1:\infty$ располагаются грани формъ, обозначаемыхъ знакомъ $1:1:n$, т. е., грани пирамидальныхъ октаэдровъ—очевидно, въ частномъ случаѣ, при $n=1$, получаемъ октаэдръ, при $n=\infty$, получаемъ ромбическій додекаэдръ; въ одной зонѣ съ гранями куба $1:\infty:\infty$ и ромбическаго додекаэдра $1:1:\infty$ располагаются грани формъ, обозначаемыхъ знакомъ $1:m:\infty$, т. е. пирамидальнаго куба—очевидно, въ частномъ случаѣ, при $m=\infty$ получается кубъ, при $m=1$, получается ромбическій додекаэдръ.

Такимъ образомъ, очевидно, между гранями куба и октаэдра должны располагаться грани трапезоэдра, симметрически притупляя комбинаціонное ребро этихъ формъ, причемъ, по мѣрѣ увеличенія значенія m въ знакѣ трапезоэдра $1:m:m$, грань, по положенію, приближается къ кубу $1:\infty:\infty$, по мѣрѣ уменьшенія значенія m , грань, по положенію, приближается къ октаэдру $1:1:1$.

Также точно между гранями октаэдра и ромбическаго додекаэдра должны располагаться грани пирамидальнаго октаэдра, симметрично притупляя комбинаціонное ребро этихъ формъ, причемъ, по мѣрѣ увеличенія значенія n въ знакѣ пирамидальнаго октаэдра $1:1:n$, грань, по положенію, приближается къ ромбическому додекаэдру $1:1:\infty$, по мѣрѣ уменьшенія значенія n , грань, по положенію, приближается къ октаэдру $1:1:1$.

Затѣмъ, между гранями куба и ромбическаго додекаэдра должны располагаться грани пирамидальнаго куба, симметрично притупляя комбинаціонное ребро этихъ формъ, причемъ, по мѣрѣ увеличенія значенія m , въ знакѣ пирамидальнаго куба $1:m:\infty$, грань, по положенію, приближается къ кубу $1:\infty:\infty$; по мѣрѣ уменьшенія значенія m , грань, по положенію, приближается къ ромбическому додекаэдру $1:1:\infty$.

Грани 48-гранника располагаются нѣ этихъ зонъ, но, въ комбинаціяхъ, въ частныхъ случаяхъ, также входятъ въ зоны. Отъ плоскостей другихъ формъ онѣ легко отличаются своимъ положеніемъ.

Комбинаціи.

Для опредѣленія отдельныхъ формъ, входящихъ въ комбинацію, мы прежде всего проводимъ нѣ ней оси симметріи: такъ какъ плоскости куба перпендикулярны осямъ симметріи 4-го порядка, плоскости октаэдра перпендикулярны осямъ 3-го порядка, плоскости ромбическаго додекаэдра перпендикулярны осямъ 2-го порядка, то непосредственно опредѣляется положеніе куба, октаэдра и ромбическаго додекаэдра.

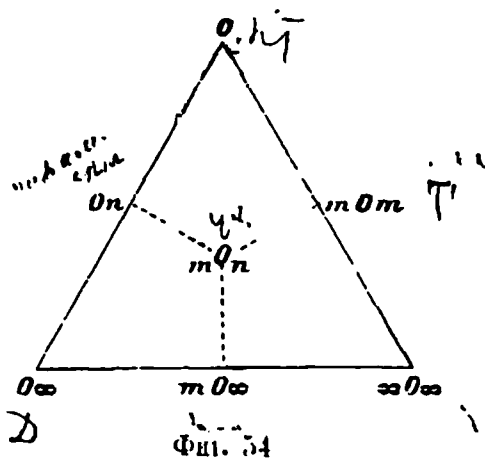
Между плоскостями октаэдра и ромбическаго додекаэдра, совершенно симметрично срывающаяся ихъ комбинаціонныя ребра, располагаются плоскости пирамидальнаго октаэдра, такъ что плоскости этихъ формъ въ комбинаціи образуютъ ребра взаимно параллельныя, слѣдовательно, лежатъ въ одной зонѣ.

Между плоскостями куба и ромбическаго додекаэдра, въ одной зонѣ съ ними, расположены плоскости пирамидальнаго куба.

Между плоскостями куба и октаэдра, въ одной зонѣ съ ними, располагаются плоскости икоситетраэдра.

Плоскости 48-ми гранника легко отличаются отъ плоскостей другихъ формъ, такъ какъ онѣ образуютъ группы по шести плоскостей вокругъ осей 3-го порядка, и группы по восьми плоскостей вокругъ осей 4-го порядка.

Для разбора кристаллографическихъ комбинаціи помощью зонъ можно пользоваться схемою Наумана (фиг. 54): вершины треугольника заняты знаками *единственными* формъ куба, октаэдра и ромбическаго додекаэдра: между октаэдромъ и ромбическимъ додекаэдромъ помѣщены пирамидальные октаэдры O_n ; давая n значенія цѣлыхъ рациональных чиселъ и отношеній этихъ чиселъ, мы получаемъ все разнообразіе ихъ, напр. O_2 , O_3 , $O_{\frac{1}{2}}$, O_4 и т. д.; при $n = 1$ получается октаэдръ, при $n = \infty$ получается ромбическій додекаэдръ. Такимъ-же образомъ правая сторона треугольника представляетъ соотношеніе между октаэдромъ, икоситетраэдромъ и кубомъ; основаніе треугольника представляетъ соотношеніе между ромбическимъ додекаэдромъ, пирамидальнымъ кубомъ и кубомъ. Каждая сторона треугольной схемы



выражаетъ одну изъ зонъ, опредѣляемыхъ въ комбинаціяхъ формъ кубической системы.

Для того, чтобъ избѣгнуть ошибокъ въ различеніи трехъ двенадцати-четырехгранниковъ, входящихъ въ комбинаціи многогранныхъ формъ нужно запомнить и ясно представлять себѣ, что 1) плоскости пирамидальнаго октаэдра могутъ находиться только *между* плоскостями октаэдра и ромбическаго додекаэдра, образуя съ ними одну зону, 2) плоскости икоситетраэдра могутъ находиться только между плоскостями октаэдра и куба, образуя съ ними одну зону; 3) плоскости пирамидальнаго куба могутъ находиться только между плоскостями куба и ромбическаго додекаэдра, образуя съ ними одну зону.

Изъ характеристики отдѣльныхъ формъ видно, что для ихъ опредѣленія можно пользоваться отрѣзками, которые образованы плоскостями ограниченія на осяхъ координатъ. Для этого проводягъ въ кристаллѣ оси координатъ, направленіе которыхъ въ формахъ кубической системы всегда совпадаетъ съ осями симметріи 4-го порядка.

Плоскость ограниченія кристалла, пересѣкающая только одну ось, принадлежитъ кубу; плоскость, пересѣкающая всѣ оси на равныхъ разстояніяхъ, принадлежитъ октаэдру; плоскость, пересѣкающая двѣ оси на одинаковыхъ разстояніяхъ, принадлежитъ ромбическому додекаэдру; плоскость, пересѣкающая двѣ оси на равныхъ разстояніяхъ, а третью ось на разстояніи меньшемъ, принадлежитъ икоситетраэдру; плоскость, пересѣкающая двѣ оси на равныхъ разстояніяхъ, а третью ось на разстояніи большемъ, принадлежитъ пирамидальному октаэдру; плоскость, пересѣкающая двѣ оси на разстояніяхъ неравныхъ и не пересѣкающая третью ось принадлежитъ пирамидальному кубу; плоскость пересѣкающая три оси на разстояніяхъ неравныхъ принадлежитъ 18-ми граннику.

При этомъ положеніе плоскостей относительно осей координатъ опредѣляется или непосредственно, или-же по продолженію ихъ. При разборѣ комбинацій примѣняются оба способа опредѣленія формъ для взаимной ихъ провѣрки.

Положеніе осей симметріи 4-го порядка, съ которыми мы совмѣщаемъ оси координатъ, опредѣляется непосредственно или-же, какъ мѣсто взаимнаго пересѣченія трехъ плоскостей симметріи *P*. Прежде, чѣмъ приступить къ разсмотрѣнію примѣровъ комбинацій многогранныхъ формъ правильной системы, мы окончательно условимся относительно названій этихъ формъ.

Весьма употребительною является номенклатура, основанная на соединеніи между собою греческихъ словъ:

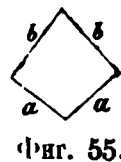
1) гексаэдръ—форма, ограниченная шестью (ἕξ) плоскостями (εἰρηές), мы привыкли называть эту форму кубомъ (Hexaëder, cube);

2) октаэдръ—форма, ограниченная восемью плоскостями (οκτώ, εἰρηές),

3) ромбическіи додекаэдръ — форма, ограниченная двѣнадцатью (додэка) ромбами, часто называютъ гранатоэдромъ, такъ какъ она особенно типична для минерала граната (*Rhomben dodekaëder*, *rhombododecaëdre*);

4) триакись-октаэдръ: октаэдръ, каждая плоскость котораго замѣнена тремя плоскостями. мы привыкли называть эту форму пирамидальнымъ октаэдромъ (*Triakisoctaëder*, *triocstaëdre*);

5) дельтоидъ-икоситетраэдръ: форма, ограниченная 24-ми (εἴκοσι τετταράς) плоскостями, дельтами — такъ называется трапеци-
дальный четырехугольникъ (фиг. 55), у котораго двѣ смежныя стороны a и a , b и b равны между собою: обыкновенно называютъ эту форму икоситетраэдромъ. то есть, какъ бы 24-гранникомъ по преимуществу, что, конечно, неправильно, правильнѣе называть ее трапецоэдромъ (*Ikositetraëder*, *trapezoëdre*).



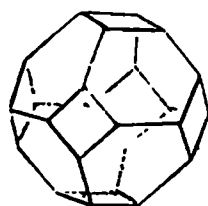
6) Тетракись-гексаэдръ: гексаэдръ, кубъ, у котораго каждая плоскость замѣнена четырьмя плоскостями, мы привыкли называть эту форму пирамидальнымъ кубомъ (*Tetrakishectaëder*, *tetrahexaëdre*);

7) гексакись-октаэдръ: октаэдръ, у котораго каждая плоскость замѣнена шестью плоскостями, мы привыкли называть эту форму 48-мн гранникомъ (*Hexakisoctaëder*, *hexocstaëdre*)

Греческія названія кристаллографическихъ формъ часто употребляются въ сочиненіяхъ по минералогіи и кристаллографіи, по-тому ихъ полезно знать, но названія эти не носятъ универсальнаго характера, такъ какъ, при своей сложности, онѣ представляются односторонними—въ самомъ дѣлѣ, руководствуясь этою терминологіею, мы могли бы назвать 48-гранникъ не гексакись-октаэдромъ, а, наир., тетракись—ромбическимъ додекаэдромъ, такъ какъ, замѣняя каждую плоскость ромбическаго додекаэдра четырьмя плоскостями, мы получили бы 48-ми гранникъ и т. под. Мы будемъ пользоваться названіями, ранѣе выбранными.

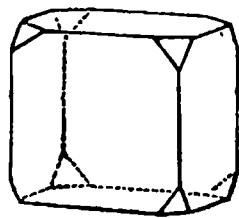
Примѣры комбинацій.

Фиг. 56: $O \{111\}$ и $\infty O \infty \{100\}$: въ комбинаціи кубъ притупляетъ шесть четырехгранныхъ угловъ октаэдра. такъ какъ плоскости куба перпендикулярны осямъ симметріи 4-го порядка, преобладаетъ октаэдръ.



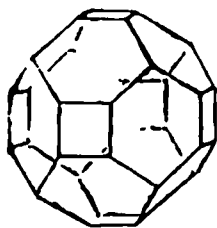
Фиг. 56.

Фиг. 57: $O \{111\}$ и $\infty O \infty \{100\}$; здѣсь преобладаетъ по разнітю плоскостей кубъ, октаэдръ притупляетъ тригональные углы куба, такъ какъ плоскости октаэдра перпендикулярны осямъ симметріи 3-го порядка.

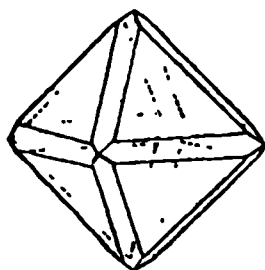


Фиг. 57.

Фиг. 58: $\alpha O \propto \{100\}$ и $O \propto \{110\}$; кубъ притупляетъ шесть четырехгранныхъ угловъ ромбическаго додекаэдра.



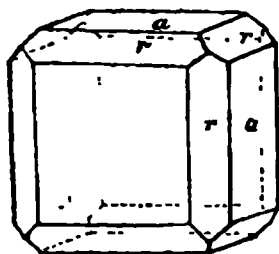
Фиг. 58.



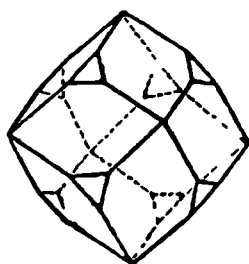
Фиг. 59.

Фиг. 59: $O \propto \{110\}$ и $O \propto \{111\}$; ромбическій додекаэдръ притупляетъ двѣнадцать реберъ октаэдра, такъ какъ плоскости ромбическаго додекаэдра перпендикулярны осямъ симметріи 2-го порядка, которыя у октаэдра и у куба перпендикулярны ребрамъ.

Фиг. 60 — здѣсь, по той же причинѣ, ромбическій додекаэдръ (r)



Фиг. 60.

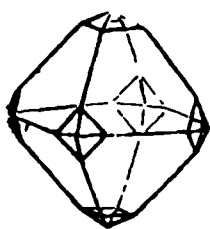


Фиг. 61.

притупляетъ двѣнадцать реберъ куба (a), — который въ комбинаціи преобладаетъ, на фиг. 58 преобладаетъ ромбическій додекаэдръ.

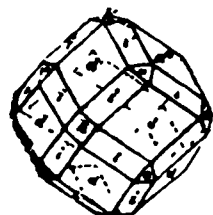
Фиг. 61. Октаэдръ сръзываетъ восемь трехгранныхъ угловъ ромбическаго додекаэдра, такъ какъ плоскости октаэдра перпендикулярны осямъ симметріи 3-го порядка, которыя у ромбическаго додекаэдра проходятъ черезъ вершины трехгранныхъ угловъ.

Фиг. 62. Октаэдръ въ комбинаціи съ икоситетраэдромъ: плоскости икоситетраэдра располагаются на четырехгранныхъ углахъ октаэдра (сравн. фиг. 53b): если мы, для разбора этой комбинаціи, примѣняемъ схему Наумана, то должны представить плоскости куба, располагающіяся перпендикулярно осямъ симметріи 4-го порядка, какъ это представлено на фиг. 53a: плоскости куба, икоситетраэдра и октаэдра располагаются въ одной зонѣ; на чертѣжѣ, въ комбинаціи, преобладаетъ октаэдръ.



— Фиг. 62.

Фиг. 63. Комбинація ромбическаго додекаэдра (d) съ кубомъ (h), октаэдромъ (o), икоситетраэдромъ (i). Очевидно, плоскости икоситетраэдра лежатъ одновременно въ 1) зонѣ съ кубомъ и октаэдромъ. 2) въ зонѣ съ двумя смежными плоскостями ромбическаго додекаэдра. для примѣра возьмемъ плоскость i' и будемъ пользоваться обозначеніями Миллера — пусть индексы этой плоскости hkl , индексы плоскости куба h' и плоскости октаэдра o' , образующихъ одну зону съ плоскостью h' , суть (001) и (111)



Фиг. 63.

По условію существованія трехъ плоскостей въ зонѣ, мы должны имѣть

$$\begin{array}{r|rrrrr} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ & \times & & & & \\ \hline 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline (0-1) & (1-0) & (0-0) & & & \end{array}$$

$$\text{и } h(0-1) + k(1-0) + l(0-0) = 0,$$

по раскрытии скобок, получаемъ $-h+k=0$, отсюда $h=k$, для двухъ плоскостей ромбическаго додекаэдра, d^1 и d^2 , расположенныхъ въ одной зонѣ съ плоскостью z' , мы имѣемъ, въ порядкѣ осей координатъ, по XX' , YY' и ZZ'

$$\begin{array}{l} d^1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \\ d^2 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \end{array}$$

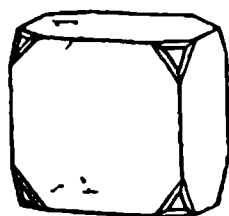
откуда

$$\begin{array}{r|rrrrr} 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ & \times & \times & & & \\ \hline 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ \hline (1-0) & (1-0) & (0-1) & & & \end{array}$$

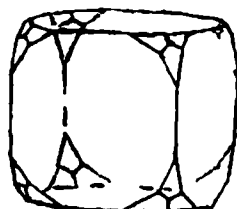
$$\text{и } h(1-0) + k(1-0) + l(0-1) = 0,$$

раскрывая скобки, получаемъ $h+k-l=0$, то есть $h+k=l$ мы опредѣлили уже, что $h=k$, слѣдовательно, $l=2h$ или $=2k$, полагая $h=k=1$, имѣемъ $l=2$, отсюда символъ плоскости z' опредѣляется 112, чтобы перейти къ обозначенію по Науману, мы должны взять параметры. $\frac{1}{1} \frac{1}{1} \frac{1}{2}$, дѣлимъ ихъ на величину наименьшую $\frac{1}{2}$, получаемъ $2 \quad 2 \quad 1$, слѣдовательно, если плоскости ромбическаго додекаэдра *прямо* сръзаны плоскостями икоситетраэдра, то въ знакѣ этой формы *то* должно быть $m=2$.

Фиг. 64. Комбинація куба, октаэдра и икоситетраэдра въ одной зонѣ съ кубомъ и октаэдромъ расположены плоскости икоситетраэдра (см. схему Наумана), преобладаютъ по развитію плоскости куба.



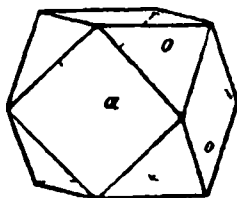
Фиг. 64.



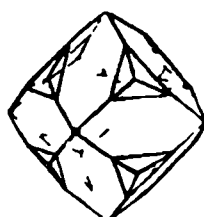
Фиг. 65

Фиг. 65. Комбинація куба и пирамидальнаго октаэдра по сравнению съ фиг. 64 видно, что здѣсь плоскости пирамидальнаго октаэдра расположены противъ *реберъ* куба, тогда какъ плоскости икоситетраэдра, въ предыдущемъ случаѣ, расположены противъ *плоскостей* куба.

Фиг. 66 Комбинація октаэдра (o) и куба (a), обѣ формы развиты совершенно равномѣрно



Фиг. 66.

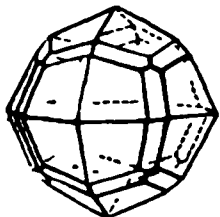


Фиг. 67.

Фиг. 67. Ромбическій додекаэдръ O и пирамидальный октаэдръ On , на

рисункъ видно, что плоскости пирамидального октаэдра и расположенная между ними плоскость ромбического додекаэдра образуютъ одну зону.

Фиг. 68. Икоситетраэдръ и пирамидальный октаэдръ: если икоситетраэдръ 202, то пирамидальный октаэдръ $O^{3/2}$.



Фиг. 68.

Въ самомъ дѣлѣ, символъ нѣкоторой плоскости пирамидального октаэдра $k^x k^y l^z$, $k > l$: символы двухъ смежныхъ плоскостей икоситетраэдра, расположенныхъ въ одной зонѣ съ предыдущею плоскостью пирамидального октаэдра. $2^{xy} 1^z$ и $1^{xy} 2^z$, составимъ выраженіе

$$\begin{array}{r} 2, 1 \quad 1 \quad 2 \quad 1 \quad | \quad 1 \\ \quad \times \quad \times \quad \times \quad | \\ 1 \quad 2 \quad 1 \quad 1 \quad 2 \quad | \quad 1 \\ \hline (1-2) \quad (1-2) \quad (4-1) \end{array}$$

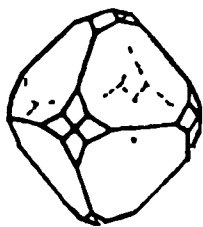
$$\text{и } k(1-2) + (1-2) + l(4-1) = 0$$

раскрываетъ скобки — $k - k + 3l = 0$, $3l = 2k$, $l = \frac{2}{3}k$; полагая $l = 1$, имѣемъ $k = \frac{3}{2}$ и въ общемъ символѣ, вмѣсто $k k l$, имѣемъ $\frac{3}{2}, \frac{3}{2}, 1$ или $3^{xy} 3^z 2$, переходя къ параметрамъ, напомнимъ

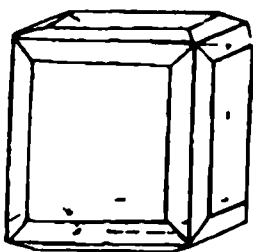
$$\frac{a}{3} \quad \frac{a}{3} \quad \frac{a}{2} \quad \text{или} \quad \frac{1}{3} \quad \frac{1}{8} \quad \frac{1}{2}$$

затѣмъ $1^x : 1^y : 1^z = \frac{3}{2} : \frac{3}{2} : 1$. слѣдовательно знакъ пирамидального октаэдра, по Науману: $O^{3/2}$.

Фиг. 69. Октаэдръ и пирамидальный кубъ: плоскости подчиненной



Фиг. 69.

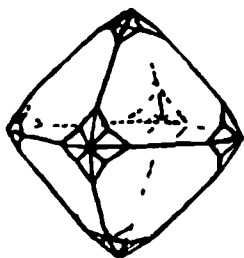


Фиг. 70.

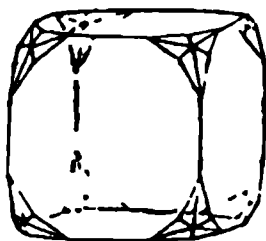
формы симметрично притупляющъ ребра октаэдра, располагаясь при этомъ между осями симметріи 4-го порядка и 2-го порядка, то есть, между возможными плоскостями куба и ромбического додекаэдра.

Фиг. 70. Кубъ и пирамидальный кубъ: плоскости подчиненной формы расположены между существующими плоскостями куба и возможными плоскостями ромбического додекаэдра въ одной зонѣ съ ними, между осями симметріи 4-го порядка и 2-го порядка.

Фиг. 71 и фиг. 72. Октаэдръ и 48-гранникъ. Кубъ и 48-гранникъ.

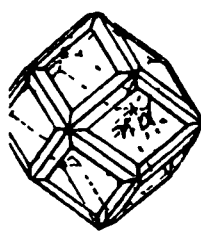


Фиг. 71.

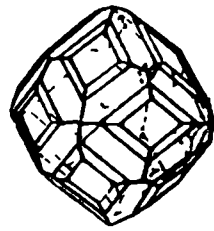


Фиг. 72.

Фиг. 73 и фиг. 74. На обѣихъ фигурахъ мы наблюдаемъ плоскости ромбическаго додекаэдра въ видѣ ромбовъ; на фиг. 73, кромѣ того, наблюдаются плоскости 48-гранника, а на фиг. 74 также и плоскости икоситетраэдра.



Фиг. 73.



Фиг. 74.

Мы уже видѣли (фиг. 63), что въ одной зонѣ съ плоскостями ромбическаго додекаэдра располагаются плоскости икоситетраэдра 202; на фиг. 74, очевидно, въ комбинаціи съ ромбическимъ додекаэдромъ, $O\infty$, находится именно такой икоситетраэдръ, 202; очевидно, что плоскости 48-гранника, расположенныя въ одной зонѣ съ плоскостями ромбическаго додекаэдра и икоситетраэдра 202, должны носить нѣкоторый особенный характеръ.

Найдемъ условія существованія плоскостей 48-гранника mOn (hkl) въ одной зонѣ съ плоскостями ромбическаго додекаэдра $O\infty$ (110) и икоситетраэдра 202 (112)

$$\begin{array}{ccccccc} 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ & | & \times & \times & \times & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} 2 \\ \\ 1 \end{array}$$

$$(1-2) \quad (0-1) \quad (1-0),$$

$$h(1-2) + k(0-1) + l(1-0) = 0. \text{ отсюда}$$

$$l = h + k, \text{ переходимъ къ параметрамъ}$$

$$\frac{h}{m} + \frac{k}{n} = 1, \quad m > n, \text{ дѣлимъ на } m$$

$$\frac{h}{m} + \frac{k}{n} \cdot \frac{1}{m}, \text{ приводимъ къ одному числителю}$$

$$\frac{h}{m} + \frac{kn}{mn} \text{ отсюда } \frac{h}{m} + \frac{n}{n} \cdot \frac{1}{m}, \text{ следовательно}$$

$$h = m, \quad k = n, \quad l = mn \text{ и. на основаніи предыдущаго.}$$

$$mn = m + n, \text{ значитъ } n = \frac{m}{m-1}$$

это выраженіе показываетъ, что въ одной зонѣ съ ромбическимъ додекаэдромъ $O\infty$ (011) и икоситетраэдромъ 202 (112) могутъ быть плоскости цѣлаго ряда 48-гранниковъ, общій знакъ которыхъ $mO \frac{m}{m-1}$ напр:

3 $O^{3/2}$, 4 $O^{4/3}$, 5 $O^{5/4}$, 6 $O^{6/5}$; при $m=2$, получается 202 — икоситетраэдръ, — при $m=1$, получается $O\infty$, это предѣльные плоскости зоны.

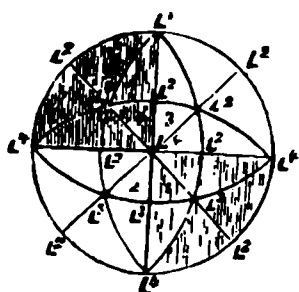
Геміэдрія кубической системы.

Геміэдрія кристалловъ, какъ выше сказано, выражается развитіемъ половины плоскостей кристаллической формы, при уничтоженіи другой

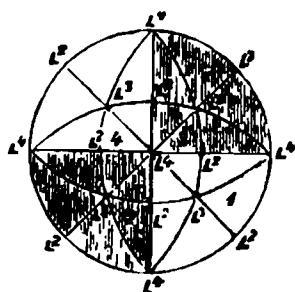
половинны плоскостей, ограничивающихъ эту форму. Мы видѣли, что при этомъ получаются формы, обладающія низшею степенью симметріи, по сравненію съ соответствующими полногранными. Для представленія себѣ различныхъ случаевъ геміэдріи формъ кубической системы, мы будемъ разсматривать въ этомъ отношеніи 48-гранникъ.

Для удобства изображеній на чертежѣ, мы представимъ шаръ, вписанный въ 48-гранникъ, и раздѣлимъ его, помощью большихъ круговъ, на 48 частей, соответствующихъ, по взаимному положенію, гранямъ 48-гранника. На бумагѣ мы изображаемъ верхнюю половину такого шара. Здѣсь L^1 , L^2 , L^3 обозначаетъ положеніе соответствующихъ осей симметріи: положеніе трехъ главныхъ плоскостей опредѣляется на чертежѣ линиями L^1 , L^2 взаимно перпендикулярными и кругомъ L^3 L^1 L^2 соответствующимъ экватору шара; остальные шесть плоскостей симметріи выражаются въ планѣ линиями и дугами, проходящими чрезъ L^1 , L^2 , L^3 .

1) По одному способу геміэдріи, въ 48-гранникѣ исчезаютъ цѣлые октанты плоскостей въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 75а, или-же въ



Фиг. 75 а.



Фиг. 75 б.

порядкѣ, указанномъ на фиг. 75б. Очевидно, при этомъ исчезаютъ три главные плоскости симметріи, такъ какъ, разсматривая, напр., октантъ, расположенный на фиг. 75а справа сверху, мы не находимъ соответствующихъ октантовъ, расположенныхъ ему

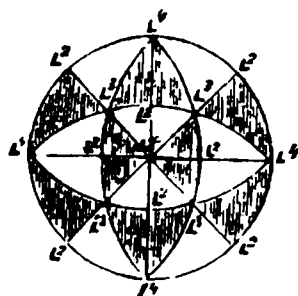
симметрично слѣва сверху и справа снизу рисунка; на фиг. 75б мы имѣемъ, очевидно, то-же, но въ иномъ порядкѣ. Остальные плоскости симметріи остаются, такъ какъ онѣ дѣлятъ на симметричныя части октанты, остающіеся и исчезающіе, а не проходятъ между октантами; слѣдовательно, для каждой изъ такихъ плоскостей симметріи, мы опредѣляемъ или двѣ остающіяся грани, расположенныя симметрично справа и слѣва, или-же опредѣляемъ двѣ аналогичныя исчезающія грани — во всякомъ случаѣ, здѣсь симметрія остается.

Ось симметріи 4-го порядка, L^4 , дѣлается осью симметріи 2-го порядка, такъ какъ остающійся октантъ можетъ занять мѣсто другого остающагося октанта только, при поворотѣ кристалла, около бывшей оси 4-го порядка L^4 , на 180° . Оси симметріи 3-го порядка, L^3 , не измѣняютъ степени своей симметріи, такъ какъ одинъ конецъ такой оси выходитъ въ срединѣ остающагося октанта, другой — въ срединѣ исчезающаго октанта. Оси симметріи 2-го порядка полногранныхъ формъ кубической системы, L^2 , перестаютъ быть осями симметріи, такъ какъ онѣ расположены въ плоскостяхъ, которыя проходятъ между исчезающими и остаю-

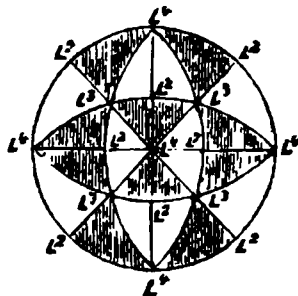
щими октантами (въ главныхъ плоскостяхъ симметріи формъ полно-
гранныхъ). Центръ симметріи, очевидно, исчезаетъ.

Какъ видно изъ чертежей, каждый 48-ми гранникъ, въ зависимости отъ порядка расположенія остающихся и исчезающихъ октантовъ, даетъ двѣ геміэдрическія формы, которыя могутъ быть взаимно совмѣщаемы: если чертежъ 75b повернемъ на 90° , то онъ, при наложеніи на чертежъ 75a, совмѣщается съ нимъ всѣми частями. Обѣ формы, которыя можно получить изъ 48 гранника по этому способу геміэдріи, обозначаютъ совершенно условно, + и — ; знакъ 48-гранника, представленный въ видѣ дроби съ знаменателемъ 2, напр. $+\frac{mOn}{2}$ и $-\frac{mOn}{2}$, выражаетъ полученную геміэдрическую форму. Геміэдрія, соответствующая исчезанію и развитію отдѣльныхъ октантовъ, называется *клиноэдрическою*, такъ какъ въ получаемыхъ формахъ мы вовсе не имѣемъ граней, которыя располагались бы параллельно другъ другу: по Миллеру эта геміэдрія 48-гранника выражается $x'hkl$ и $x'hkl$. Иначе геміэдрія клиноэдрическая называется *тетраэдрическою* (сравн. ф. 32a и 32b).

2. По другому способу геміэдріи, въ 48 гранникѣ исчезаютъ *пары граней*, пересѣкающихся въ главныхъ плоскостяхъ симметріи, въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 76a, или-же въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 76b. Очевидно, условія этой геміэдріи таковы, что главные плоскости симметріи остаются: если исчезаетъ грань, расположенная вправо отъ главной плоскости симметріи, то должна исчезнуть и другая, аналогичная грань, слѣва; если остается и развивается грань, расположенная справа, происходитъ тоже самое съ соответствующею гранью, расположенною слѣва. На чертежахъ видно, что по обѣ стороны линій, соответствующихъ въ планѣ, этимъ плоскостямъ симметріи, должны находиться, соответственно одному и тому-же ребру кристалла, или двѣ остающіяся, или-же двѣ исчезающія его грани. Остальныя плоскости симметріи исчезаютъ, такъ какъ, при распредѣленіи граней, соответственно этой геміэдріи, въ отдѣльныхъ октантахъ 48 гранника мы не находимъ плоскостей симметріи.



Фиг. 76 a.



Фиг. 76 b.

Оси симметріи 4-го порядка, L^4 , дѣлятся осями симметріи 2-го порядка, такъ какъ пара остающихся плоскостей можетъ занимать мѣсто другой, остающейся пары плоскостей, при поворотѣ кристалла лишь на 180° . Оси симметріи 3-го порядка, L^3 , остаются, такъ какъ въ отдѣльныхъ октантахъ 48 гранника остаются, по три грани, расположенныя

такимъ образомъ, что каждая изъ нихъ можетъ занимать мѣста двухъ остальныхъ граней послѣдовательно и возвращаться въ начальное положеніе, при поворотахъ кристалла около этой оси послѣдовательно три раза, каждыиъ разъ на 120° . Оси симметріи 2-го порядка полногранной формы здѣсь перестаютъ быть осями симметріи, такъ какъ онѣ расположены въ плоскостяхъ симметріи, которыя находятся между исчезающими парами граней.

Центръ симметріи остается, такъ какъ остающіяся грани попарно параллельны и одинаково расположены.

На чертежѣ 76a представляеть случай исчезанія паръ граней, сходящихся у вершины оси 4-го порядка (теперь 2-го) въ *одномъ* направленіи, на чертежѣ 76b показанъ случай исчезанія паръ граней, сходящихся въ *другомъ* направленіи. Такимъ образомъ, изъ каждаго 48-гранника получаются двѣ формы, онѣ могутъ быть совмѣщаемы: въ самомъ дѣлѣ, если мы повернемъ второй чертежъ на 90° около L^4 (въ центрѣ), то оба чертежа будутъ имѣть одинаковое положеніе и, при наложеніи одного на другой, совмѣщаются всѣми своими частями.

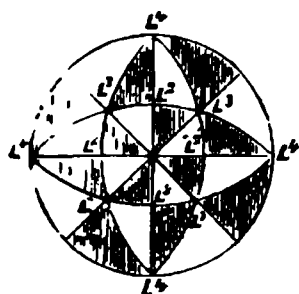
Мы различаемъ обѣ формы, которыя получаются изъ 48-гранника, + и —, прибавляемъ къ знаку знаменатель 2, и заключаемъ его въ прямые скобки: $+ \left[\frac{mOn}{2} \right]$ и $-- \left[\frac{mOn}{2} \right]$.

Полученныя формы соответствуютъ исчезанію и развитію паръ граней, сходящихся въ главныхъ плоскостяхъ симметріи — это геміэдрія съ параллельными плоскостями, такъ какъ для каждой грани полученной геміэдрической формы мы имѣемъ всегда ея параллельную.

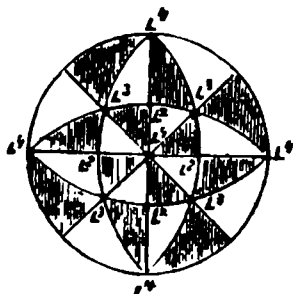
Миллеръ обозначаетъ формы, полученныя изъ 48-гранника по этому способу геміэдріи: $\pi; hkl$ и $\pi; khl$, гдѣ π соответствуетъ слову *parallel*.

3) По третьему способу геміэдрія въ 48-гранникѣ исчезаютъ и развиваются отдѣльныя грани такимъ образомъ, что, изъ каждой пары граней, одна исчезаетъ, другая развивается.

Порядокъ исчезанія и развитія граней удобно разсматривать по



Фиг. 77 а.



Фиг. 77 б.

отношенію къ осямъ симметріи 4-го порядка. На фиг. 77а и б видно, что въ *одномъ* случаѣ, изъ группы восьми граней, сходящихся у одной оси симметріи 4-го порядка, остаются и развиваются *прямые* грани, въ *другомъ* случаѣ развиваются лишь *левые*

грани.

Очевидно, при этомъ всѣ девять плоскостей симметріи кубической системы должны исчезнуть, такъ какъ плоскости симметріи проходятъ чрезъ ребра 48-гранника, а въ данномъ случаѣ геміэдринъ *изъ каждой пары* граней кристалла, пересѣкающихся въ одномъ ребрѣ, непременно *исчезаетъ одна плоскость*, слѣдовательно, симметрія въ этомъ отношеніи существовать не можетъ.

Всѣ оси симметріи остаются и не измѣняютъ своего порядка, что ясно видно изъ чертежей.

Центръ симметріи отсутствуетъ, такъ какъ, по условіямъ геміэдринъ, въ порядкѣ исчезанія и развитія граней 48-гранника, ни одна изъ остающихся граней не имѣетъ себѣ параллельной.

Чертежъ 77а соответствуетъ развитію правыхъ граней 48-гранника. Чертежъ 77b — развитію лѣвыхъ граней.

Такимъ образомъ, изъ каждого 48-гранника получаются двѣ формы, онѣ не могутъ быть совмѣщаемы: въ этомъ легко убѣдиться при внимательномъ разсмотрѣніи чертежей и при ихъ поворотахъ. Двѣ формы, которыя получаются изъ 48-гранника, мы различаемъ знаками *пр.* (правый) и *лѣв.* (лѣвый) которые, очевидно, не носятъ условнаго характера но выражаютъ способы полученія геміэдрической формы.

Для опредѣленія геміэдрической формы, мы находимъ въ ней оси симметріи 4-го порядка, черезъ эти оси проводимъ плоскости, которыя совпадаютъ съ главными кристаллографическими плоскостями, отмѣчаемъ положеніе кристаллографической плоскости, вертикальной и направленной къ наблюдателю; если вверху кристалла и *справа* отъ этой плоскости наблюдается грань геміэдрической формы, которая развилась изъ остающейся плоскости 48-гранника, мы имѣемъ *правую* геміэдрическую форму. *пр.* $\frac{mOn}{2}$; если при такомъ положеніи кристалла и на томъ же мѣстѣ

наблюдается вершина трехграннаго угла, который образуется на мѣстѣ исчезнувшей справа плоскости 48-гранника, а слѣва наблюдается плоскость ограниченія, мы имѣемъ *лѣвую* геміэдрическую форму *лѣв.* $\frac{mOn}{2}$.

Какъ мы видѣли, эти формы взаимно не совмѣщаются; онѣ относятся взаимно, по положенію элементовъ ограниченія, какъ напр., одна рука относится къ другой — такіе формы называются энантиоморфными, а сама геміэдрія — *платиэдрическою* или *гироздрическою*. По Миллеру, формы этой геміэдринъ обозначаются: $\gamma\{hkl\}$ и $\gamma\{khl\}$ и ($\gamma\sigma\sigma\sigma$ — скрученный).

Способы исчезанія плоскостей и ихъ развитія, рассматриваемые на 48-гранникѣ, представляютъ типы геміэдринъ для всѣхъ формъ кубической системы: но необходимо имѣть въ виду, что, при аналогичной постановкѣ съ 48-гранникомъ другой формы, *одна плоскость* ея можетъ соответствовать, по положенію, *группѣ плоскостей* 48-гранника; съ другой сто-

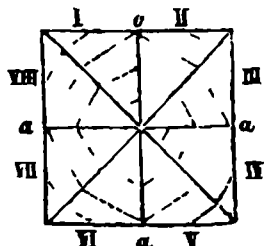
роны возможно, что *группы плоскостей* 48-гранника у другой формы соотвѣтствуютъ лишь *части плоскостей*, — поставимъ въ одинаковое положеніе октаэдръ, кубъ и 48-гранникъ и будемъ подвергать ихъ тетраэдрической гемидрии мы увидимъ, что здѣсь, у 48-гранника, будутъ исчезать цѣлыя группы плоскостей, образующія цѣлые октанты, попеременно расположенные, — у октаэдра будутъ исчезать отдѣльныя плоскости, соотвѣтствующія этимъ октантамъ, — у куба исчезаютъ части плоскостей, соотвѣтствующія тѣмъ же октантамъ (фиг. 87 и 89), въ результатъ, изъ 48-гранника и октаэдра получаются гемидрическія формы, по наружному виду отличныя отъ первоначальныхъ (фиг. 82 и 88), въ кубѣ гдѣ исчезаютъ лишь части плоскостей, остающіяся части ихъ своимъ развитіемъ пополняютъ исчезающія части, и мы получаемъ опять кубъ, по наружному виду не отличающійся отъ первоначальнаго

Поставимъ пирамидальный кубъ въ одинаковое положеніе съ 48-гранникомъ и будемъ подвергать въ одномъ случаѣ гемидрии тетраэдрической (фиг. 87 и 91), въ другомъ случаѣ—гемидрии пентагональной соотвѣтственно тетраэдрической гемидрии 48-гранника, у пирамидальнаго куба исчезаютъ октанты, представляющие собою лишь части плоскостей его—эти исчезающія части плоскостей пополняются развитіемъ остающихся частей и гемидрическая форма, по наружному виду, не отличается отъ первоначальной, причѣмъ къ пирамидальному кубу пентагональную гемидрию 48-гранника, мы видимъ, что въ пирамидальномъ кубѣ должны исчезать *отдѣльныя плоскости*, соотвѣтствующія по положенію *парамъ плоскостей* 48-гранника—изъ пирамидальнаго куба образуется форма отличающаяся отъ пентогранной (очевидно мы можемъ вывести слѣдующее правило если въ пентогранной формѣ исчезаютъ *плоскости* и *группы плоскостей*, то получается гемидрическая форма, по наружному виду, отличающаяся отъ первоначальной пентогранной, если въ пентогранной формѣ, исчезаютъ *части* плоскостей, то получаемая гемидрическая форма, по наружному виду, не отличается отъ первоначальной пентогранной

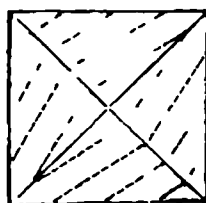
Мы должны допустить, однако, что формы, которыя, подвергаясь гемидрии не измѣняютъ наружнаго вида все таки отличаются отъ такихъ же формъ, которыя гемидрии не подвергаются—иначе мы не могли бы объяснить комбинаціи формъ, обладающихъ, по вѣнности, различною симметрію, напр комбинацію куба съ формою, происходящую изъ пентагональной гемидрии отъ 48-гранника или отъ пирамидальнаго куба, и обладающей лишь тремя плоскостями симметрии Эти явленія противорѣчатъ бы основному закону кристаллографіи, по которому во взаимныя комбинаціи вступаютъ лишь формы, обладающія одинаковою симметрію—ихъ можно объяснить лишь въ томъ случаѣ, если мы обратимъ вниманіе на возможное расположеніе частицъ вещества въ кристаллизованномъ

гваѣ. Пусть фиг. 78 представляет строеніе куба, гдѣ внутренняя симметрія частицъ согласуется съ направленіями рядовъ точекъ на чертежѣ.

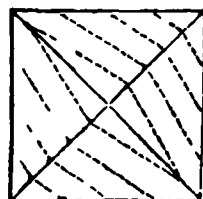
Когда форма подвергается тетраэдрической геміэдріи, въ ней исчезаютъ плоскости симметріи, обозначаемыя aa , такъ какъ исчезаютъ части II и III, VI и VII на счетъ ихъ развиваются части I и VIII, IV и V,—



Фиг. 78.



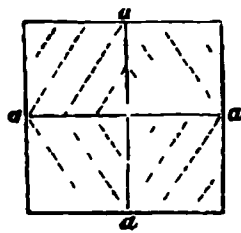
Фиг. 79 а.



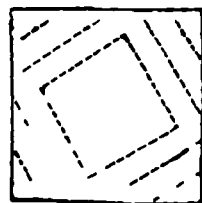
Фиг. 79 б.

получается группировка частицъ, соотвѣтствующая фиг. 79а: если развиваются части II и III, VI и VII на счетъ I и VIII, IV и V, группировка частицъ въ кристаллѣ соотвѣтствуетъ фиг. 79б: очевидно, при поворотѣ второй фигуры на 90° , она во всѣхъ частяхъ будетъ совпадать съ первою (фигурою) слѣдовательно, обѣ группировки можно различать знаками $+$ и $-$, что соотвѣтствуетъ тетраэдрической геміэдріи: съ внѣшней стороны форма куба не измѣняется, но во внутренней его симметріи произошли существенныя измѣненія.

Подвергая первоначальную группировку частицъ геміэдріи пентагональной, получимъ группировку, изображенную на фиг. 80, гдѣ остаются только плоскости симметріи aa ; на фиг. 81 изображена группировка частицъ въ кубѣ, соотвѣтствующая гироэдрической геміэдріи 48 гранника—очевидно, здѣсь исчезаютъ всѣ плоскости симметріи.



Фиг. 80.



Фиг. 81.

Подобные случаи геміэдріи будутъ встрѣчаться и въ другихъ системахъ: мы еще разъ напомнимъ, что формы, получаемыя по различнымъ способамъ геміэдріи изъ многогранной формы, могутъ оставаться при этомъ совершенно похожими на нее по наружному виду, но во внутреннемъ строеніи должны быть существенныя различія: точно также, формы геміэдрическія, совмѣстимыя по наружному виду, должны быть совмѣстимы и по внутреннему строенію. Въ настоящее время существуютъ научные методы, которые даютъ возможность изучать внутреннюю симметрію кристалловъ.

Мы рассмотримъ отдѣльные случаи геміэдріи кубической системы, въ приложеніи ко всѣмъ ея кристаллическимъ формамъ.

Гемидрия тетраэдрическая.

По сравнению съ симметриєю полнотетраэдрическихъ формъ

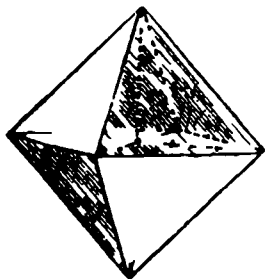
$$C, 3L^4, 4L^3, 6L^2, 3P, 6P$$

симметрия тетраэдрической гемидрии выражается

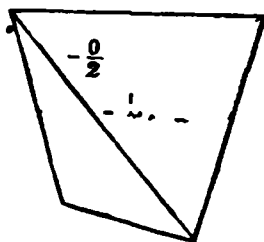
$$OC, 3L^2, 4L^2, 6L^2, 6P, 6P.$$

342 483

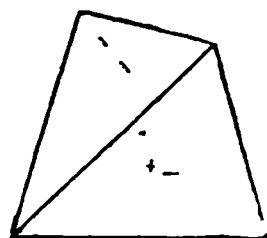
Октаэдръ (фиг 82а), по этому способу гемидрии, даетъ два тетраэдра (фиг. 82b и c), въ зависимости отъ того, развивается ли правый верхний октантъ и остальные, ему соответствующіе или-же, какъ



Фиг 82 а



Фиг. 82 с



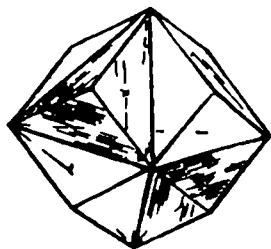
Фиг 82 b

представлено на чертежѣ (фиг 82а) — тѣмъ верхніи октантъ, соответствующіе.

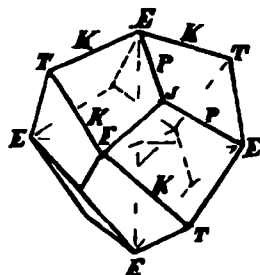
Одинъ изъ тетраэдровъ обозначается $+\frac{0}{2}$ другой — $\frac{0}{2}$. Тетраэдры ограничены четырьмя равносторонними треугольниками, имѣютъ шесть одинаковыхъ реберъ въ рядѣ которыхъ выходятъ три 1-го порядка, бывшія осями 4-го порядка у октаэдра, — они имѣютъ четыре равныя трехгранные угла чрезъ вершины этихъ угловъ и чрезъ средины противоположныхъ плоскостей проходятъ оси симметрии третьего порядка L^3 . Плоскости тетраэдра взаимно пересѣкаются подъ угломъ $70^\circ 31' 43''$.

Пирамидальный октаэдръ (фиг 83) даетъ два дельтоэдра или два дельгондъ-додекаэдра (фиг 84) $+\frac{mO}{2} - \frac{mO}{2}$.

Дельтоэдръ ограниченъ двѣнадцатью дельтами, напр $EJET$ р-



Фиг 83



Фиг 84

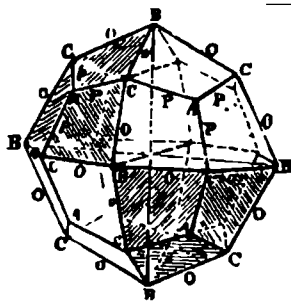
потоженными группами по три соответственно плоскостямъ пирамиды. Двѣнадцать реберъ типа EJ остаются по три въ соответствующихъ октантахъ пирамидального октаэдра — двѣнадцать реберъ иного типа ET , образуются надъ исчезающими октантами по три какъ мѣста взаимнаго пересѣченія

развивающихся плоскостей; всего реберъ $12 + 12 = 24$ имѣ соответ-

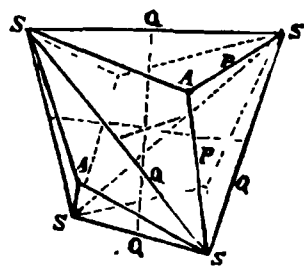
ствуют два типа двугранных углов P и K и два типа трехгранных углов J и T : четыре принадлежат первоначальной форме (J), четыре вновь образуются (T), всего $4 + 4 = 8$, — через вершины этих разнородных углов проходят оси 3-го порядка; оси 2-го порядка проходят через вершины ромбических углов E .

Трапецоэдр (фиг. 85) дает два пирамидальных тетраэдра трапексистетраэдра (фиг. 86): $+\frac{mOm}{2} - \frac{mOm}{2}$

Пирамидальный тетраэдр ограничен двенадцатью равнобедренными треугольниками SAS , расположенными группами, в ядрах трехгранных пирамид, над плоскостями тетраэдра SSS . Реберъ всего: $6 + 12 = 18$, — шесть ребер SQS , соответствующие ребра тетраэдра, определяют взаимным пересечением



Фиг. 85.



Фиг. 86.

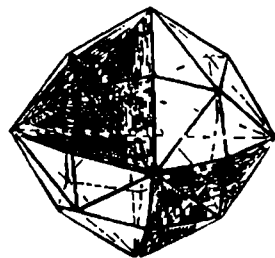
развивающихся плоскостей трапецоэдра: двенадцать ребер SA соответствуют ребрам трапецоэдра в остающихся октантах, $P = CA$ и развивающимся до взаимного пересечения над исчезающими октантами.

Четыре угла A суть остающиеся трехгранные углы трапецоэдра. четыре дигональные углы S образуются вновь над исчезающими октантами, следовательно, углов: $4 + 4 = 8$.

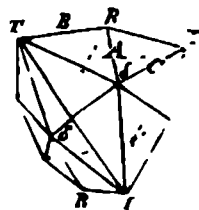
Оси симметрии 2-го порядка проходят через Q средний ребер, соответствующих ребрам тетраэдра: оси 3-го порядка соединяют вершины трехгранных углов A с вершинами дигональных углов S .

48-гранник (фиг. 87) дает два преломленные пирамидальных тетраэдра или гексаксистетраэдра: $+\frac{mOm}{2}$ и $-\frac{mOm}{2}$. Преломленный

пирамидальный тетраэдр ограничен двадцатью четырьмя неравносторонними треугольниками, расположенными группами, по шести, соответственно каждой плоскости тетраэдра, который, очевидно, можно вписать в эту форму; каждая пара плоскостей, пересекающихся, напр., в



Фиг. 87.



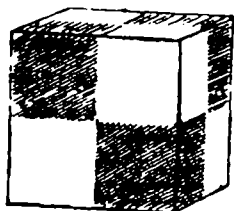
Фиг. 88.

ребер A (фиг. 88), получается, если мы преломим по направлению Qa (фиг. 86) соответствующую плоскость пирамидального тетраэдра и несколько приподнимем ее. Реберъ всего: $12 + 12 + 12 = 36$; ребра B соответствуют ребрам тетраэдра, преломленным по полам и несколько приподнятым, они определяются взаимным пересечением

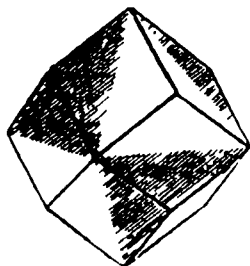
развивающихся плоскостей 48-гранника: ребра A и C находятся въ остающихся октантахъ 48-гранника: ребра $A = R\delta$ остаются безъ измѣненія, ребра $C = \delta T'$ развиваются надъ исчезающими октантами до взаимнаго пересѣченія.

Четыре дигригональные угла δ принадлежатъ остающимся октантамъ 48-гранника. четыре дигригональные угла T образуются надъ исчезающими октантами, шесть четырехгранныхъ, ромбическихъ, угловъ R образуются взаимнымъ пересѣченіемъ остающихся плоскостей. при ихъ развитіи. Оси симметріи 2-го порядка проходятъ чрезъ вершины ромбическихъ угловъ R . оси симметріи 3-го порядка соединяютъ вершины равногранныхъ угловъ T и δ .

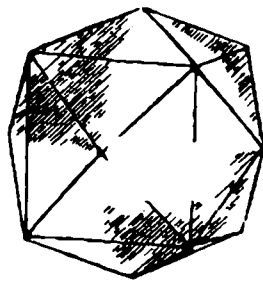
Кубъ (фиг. 89). ромбическій додекаэдръ (фиг. 90) и пирамидальный кубъ (фиг. 91). подвергаясь этой геміэдріи, не измѣняютъ наруж-



Фиг. 89.



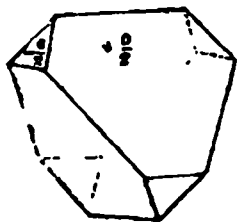
Фиг. 90.



Фиг. 91.

наго вида, такъ какъ при исчезаніи октантовъ, попеременно располо-
жившихъ. исчезаютъ лишь части плоскостей, ихъ ограничивающихъ,
которыя пополняются развитіемъ частей этихъ плоскостей, остающихся
въ другихъ октантахъ. Мы уже имѣли случай замѣтить, что формы эти,
не имѣяя наружнаго вида. должны имѣять симметрію своего вну-
тренняго строения

При разборѣ комбинаціонныхъ формъ, принадлежащихъ къ раз-
сматриваемой геміэдріи, опредѣливъ элементы симметріи. проводятъ
оси координатъ по направленіямъ, совпадающимъ съ осями симметріи
2-го порядка: къ этимъ осямъ координатъ относятъ плоскости, ограни-
чивающія кристаллъ. и опредѣляютъ, такимъ образомъ, отдѣльныя формы,
вступающія въ комбинацію. Мы приведемъ здѣсь нѣкоторые типичные
примѣры.



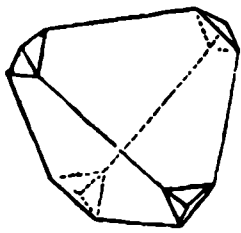
Фиг. 92.

Фиг. 92 представляетъ комбинацію двухъ те-
траэдровъ, положительнаго и отрицательнаго (сравни
фиг. 82с и b): опредѣливъ оси координатъ, опре-
дѣляемъ положеніе плоскостей октаэдрическаго ха-
рактера, по развитію, опредѣляющихъ форму, сим-
метрія которой соответствуетъ геміэдріи тетраэдри-
ческой.

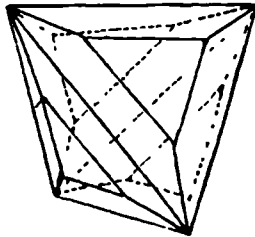
Фиг. 93 представляет комбинацію тетраэдра $\left(\frac{0}{2}\right)$ и ромбического додекаэдра (0∞) , съ преобладаніемъ тетраэдра.

Фиг. 94 представляет комбинацію тетраэдра $\left[\frac{0}{2}\right]$ и пирамидальнаго тетраэдра $\frac{m \ 0 \ n}{2}$, обѣ формы одного знака.

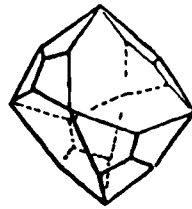
Фиг. 95 представляет комбинацію тетраэдра и пирамидальнаго тетраэдра разныхъ знаковъ при равномерномъ развитіи формъ.



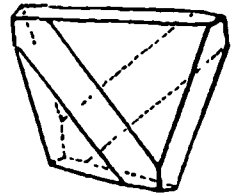
Фиг. 93.



Фиг. 94.



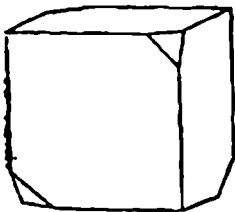
Фиг. 95.



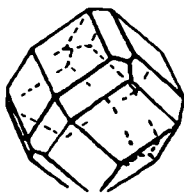
Фиг. 96.

Фиг. 96. Комбинація тетраэдра и куба: шесть плоскостей куба ($\infty \ 0 \ \infty$), располагаясь перпендикулярно осямъ симметріи 4-го порядка системы, которыя здѣсь дѣлаются осями 2-го порядка, симметрично сръзываютъ ребра тетраэдра. На фиг. 97 представлена комбинація тѣхъ же формъ, но здѣсь преобладаетъ кубъ, плоскости тетраэдра симметрично сръзываютъ трехгранные углы куба, какъ это дѣлаютъ плоскости октаэдра, но являются въ половинномъ числѣ.

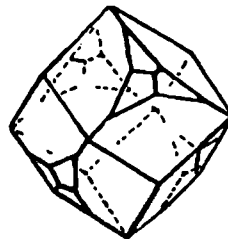
Фиг. 98, 99 и 100 представляютъ комбинаціи ромбического доде-



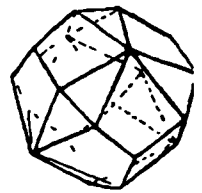
Фиг. 97.



Фиг. 98.



Фиг. 99.

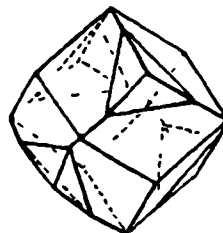


Фиг. 100.

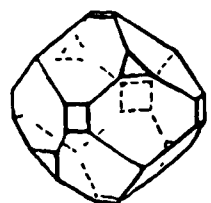
каэдра съ пирамидальнымъ тетраэдромъ $\frac{m \ 0 \ m}{2}$, очевидно. въ первомъ случаѣ $m = 2$ (см. выше, стр. 36), во второмъ случаѣ $m < 2$, въ третьемъ случаѣ $m > 2$.

Фиг. 101. Комбинація ромбическаго додекаэдра и дельтоэдра.

Фиг. 102. Ромбическій додекаэдръ въ комбинаціи съ кубомъ и тетраэдромъ.



Фиг. 101.



Фиг. 102.

Геміэдрія пентагональная.

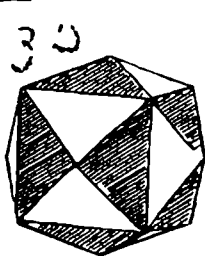
По сравненію съ симметріею полногранныхъ формъ,

$$C, 3L^4, 4L^3, 6L^2, 3P, 6P,$$

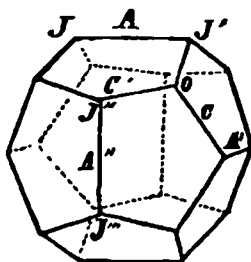
симметрія пентагональной геміэдріи выражается

$$C, 3L^2, 4L^3, 0L^2, 3P, 0P.$$

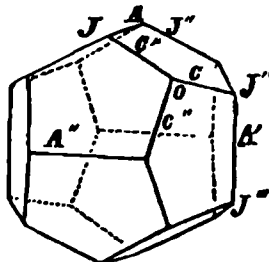
По этому способу геміэдріи только пирамидальный кубъ и 48-гранникъ измѣняютъ свою форму. Пирамидальный кубъ (фиг. 103) даетъ два пентагональные додекаэдра (фиг. 104a и b): если изъ плоскостей,



Фиг. 103.



Фиг. 104a.



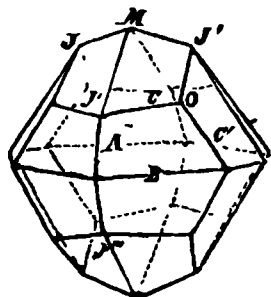
Фиг. 104b.

образующихъ верхнюю пирамиду пирамидального куба, развивается пара, состоящая изъ плоскостей передней и задней, также другія пары, расположенныя въ соотвѣтствующемъ порядкѣ, получается пентагональный додекаэдръ, положимъ, $+\left[\frac{\infty O n}{2}\right]$; если развивается пара, составленная плоскостями правою и лѣвою въ верхней пирамидѣ, и другія пары, расположенныя соотвѣтствующимъ образомъ, получается пентагональный додекаэдръ: $-\left[\frac{\infty O n}{2}\right]$. На чертежахъ видно, что первый случай соотвѣтствуетъ развитію заштрихованныхъ плоскостей на фиг. 103, второй случай соотвѣтствуетъ развитію незаштрихованныхъ плоскостей на той же фигурѣ.

Пентагональные додекаэдры ограничены двѣнадцатью пентагонами, которые, по условіямъ кристаллообразованія, не могутъ быть правильными пятиугольниками; шесть реберъ A расположены въ трехъ главныхъ кристаллографическихъ плоскостяхъ, двадцать четыре ребра C сходятся въ вершинахъ трехгранныхъ угловъ O , расположенныхъ по одному въ каждомъ октантѣ; трехгранные углы другого рода J получаются надъ исчезающими плоскостями пирамидального куба: такимъ образомъ, имѣются ребра двоякаго рода $6 + 24 = 30$, въ серединахъ шести реберъ A, A', A'' ... выходятъ оси симметріи 2-го порядка, соотвѣтствующія осямъ 4-го порядка у полногранныхъ формъ; углы также двоякаго рода $12 + 8 = 20$, оси симметріи 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины угловъ O .

На чертежахъ видно, что (фиг. 104а, б) ребро $A = JJ'$ у одной формы направлено параллельно наблюдателю, у другой формы оно направлено къ наблюдателю, и если мы одинъ изъ этихъ пентагональныхъ додекаэдровъ повернемъ на 90° около оси вертикальной или же горизонтальной, обѣ формы совмѣщаются.

18-гранникъ даетъ два преломленные пентагональные додекаэдра, положительный и отрицательный: $+\left[\frac{m O n}{2}\right]$ и $-\left[\frac{m O n}{2}\right]$. формы эти ограничены двадцатью четырьмя трапециями: ребра (A, B, C) трехъ родовъ $12 + 12 + 24 = 48$, углы (O, M, J) также трехъ родовъ $8 + 6 + 12 = 26$. Общее понятіе обѣхъ формахъ даетъ фиг. 105.

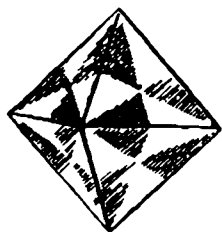


Фиг. 105.

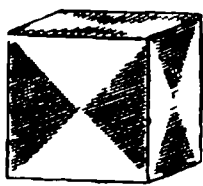
Названіе формы, *преломленный пентагональный додекаэдръ*, указываетъ на соотношеніе ея съ пентагональнымъ додекаэдромъ, подобное тому, какое мы наблюдали между пирамидальнымъ тетраэдромъ и преломленнымъ пирамидальнымъ тетраэдромъ: представимъ себѣ, что двѣнадцать плоскостей пентагонального додекаэдра преломлены по линіи, дѣлящей такіе пентагоны на двѣ симметричныя части такъ, чтобъ получились пары плоскостей, образующія тупой уголъ; при этомъ, очевидно, мы получаемъ 24 плоскости преломленного пентагонального додекаэдра (діакисъ-додекаэдра) и, соотвѣтственно этому, двѣнадцать новыхъ реберъ одного рода; кромѣ того, вмѣсто шести реберъ первой формы, опредѣляющихъ положеніе осей симметріи 2-го порядка, здѣсь получаются шесть паръ реберъ—въ мѣстахъ ихъ взаимнаго пересѣченія выходятъ оси симметріи 2-го порядка второй формы.

Тригональные углы (O) , расположенные въ октантахъ по одному, остаются тригональными углами; другіе углы пентагонального додекаэдра $J, J', J'' \dots$ принимаютъ видъ угловъ неправильныхъ четырехгранныхъ.

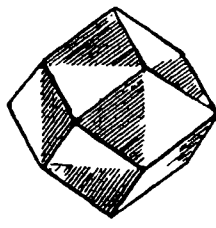
Очевидно, остальные формы—октаэдръ (фиг. 106), кубъ (фиг. 107), ромбическій додекаэдръ (фиг. 108), пирамидальный октаэдръ (фиг. 109).



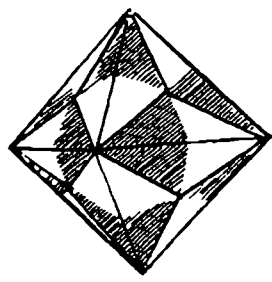
Фиг. 106.



Фиг. 107.



Фиг. 108.

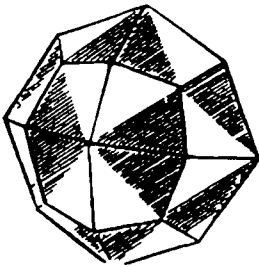


Фиг. 109.

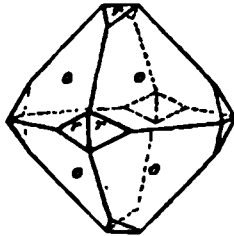
икоситетраэдръ (фиг. 110), подвергаясь этой геміэдріи, не измѣняютъ наружнаго вида. На чертежахъ указано, что въ октаэдрѣ, напр., шести

плоскостямъ 48-гранника, расположеннымъ въ одномъ октантѣ, соответствуетъ лишь одна плоскость— $\frac{3}{6}$ этой плоскости заштрихованы, соответственно парамъ плоскостей 48-гранника, исчезающимъ въ этой геміэдріи, остальные $\frac{3}{6}$ части, не заштрихованныя, развиваясь, пополняютъ заштрихованныя части, расположенныя съ ними, въ одной плоскости. То же относится къ другимъ формамъ, это ясно, изъ сопоставленія этихъ формъ съ 48-гранникомъ и чертежами 76а и б, представляющими распределение плоскостей 48-гранника, остающихся и развивающихся по этой геміэдріи. Возможное измѣненіе внутренней симметріи этихъ формъ показано выше (фиг. 80).

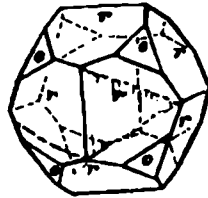
Мы приведемъ здѣсь типичныя образцы комбинацій додекаэдрическихъ формъ.



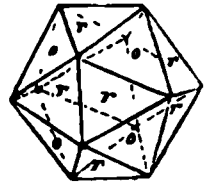
Фиг. 110.



Фиг. 111.



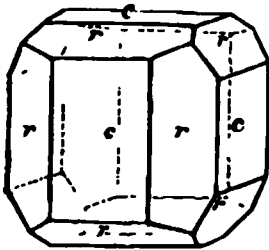
Фиг. 112.



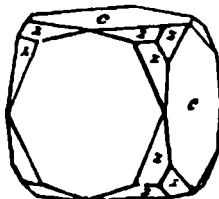
Фиг. 113.

Фиг. 111 и 112 представляютъ комбинаціи октаэдра (о) и пентагональнаго додекаэдра (п): въ первомъ случаѣ, по развитію плоскостей, преобладаетъ октаэдръ, во второмъ случаѣ—пентагональный додекаэдръ; на фиг. 113 обѣ формы развиты одинаково, получается средняя форма.

Фиг. 114 представляетъ комбинацію куба (с) съ пентагональнымъ



Фиг. 114.



Фиг. 115.

додекаэдромъ — полезно сравнить эту фигуру съ фиг. 60, изображающею комбинацію куба съ ромбическимъ додекаэдромъ: плоскости ромбическаго додекаэдра симметрично притупляютъ ребра куба.

Фиг. 115 представляетъ комбинацію куба (с) съ преломленнымъ

пентагональнымъ додекаэдромъ (з), кубъ преобладаетъ: если преломленный пентагональный додекаэдръ имѣетъ плоскости, расположенныя такимъ образомъ, что двѣ изъ нихъ, напр., въ правомъ верхнемъ октантѣ и соответствующая, въ данномъ случаѣ верхняя, плоскость куба, образуютъ ребра взаимно параллельныя, то есть, находятся въ одной зонѣ, то существуетъ интересное соотношеніе между параметрами пентагональнаго додекаэдра: въ знакѣ $\left[\frac{m}{2} \frac{O}{n} \right]$ имѣемъ $m = n^2$, напр., если $n = 2$,

$m=4$ и т. д. Отношеніе это выводится слѣдующимъ образомъ (сравн. фиг. 76):

Двѣ плоскости діакисъ додекаэдра, расположенныя въ правомъ верхнемъ октантѣ, ближе къ наблюдателю, опредѣляются параметрами $\begin{smallmatrix} x & y \\ n & m \end{smallmatrix} : 1$ и $1 : \begin{smallmatrix} x & y \\ m & n \end{smallmatrix}$, $m > n$ (сравн. фиг. 46 и фиг. 105), переходя къ индексамъ, получаемъ $h=m$, $k=n$, $l=mn$ для одной плоскости, $h'=mn$, $k'=m$, $l'=n$ для другой плоскости; для верхней плоскости куба имѣемъ параметры $\begin{smallmatrix} x & y & z \\ \infty & \infty & 1 \end{smallmatrix}$, индексы этой плоскости (001), составимъ уравненіе

$$\begin{array}{r|l} h & k & l & h & k & l \\ & \times & \times & \times & & \\ h' & k' & l' & h' & k' & l' \\ \hline (kl' - k'l) & (lh' - l'h) & (hk' - h'k) & & & \end{array}$$

умножимъ скобки на индексы третьей плоскости и приравняемъ сумму ихъ нулю

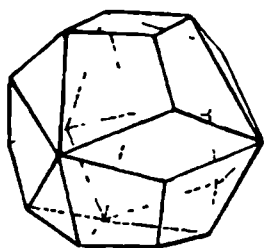
$$0(kl' - k'l) + 0(lh' - l'h) + (hk' - h'k) = 0$$

отсюда

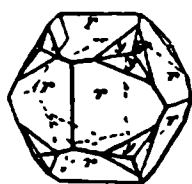
$$hk' - h'k = 0, \quad hk' = h'k,$$

подставляя $k'=m$, $h=m$, $h'=mn$, $k=n$, имѣемъ $m \times mn = mn \times n$ и $m = n^2$, таково условіе существованія двухъ плоскостей діакисъ додекаэдра, образующихъ одну зону съ плоскостью куба, напр. $mOn = n^2$ при $n = 2 : 4$ $O2$; діакисъ додекаэдра, удовлетворяющіе этому условію ограничены трапеціями, а не трапецидами, какъ вообще бываютъ ограничены эти формы (см. фиг. 105), т. е. въ нихъ ребра C и B должны быть параллельны между собою.

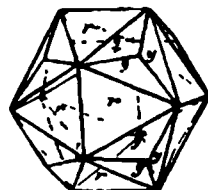
Фиг. 116 представляетъ комбинацію куба съ преломленнымъ пентагональнымъ додекаэдромъ, но развитію преобладаетъ послѣдняя форма.



Фиг. 116.



Фиг. 117.



Фиг. 118.

Фиг. 117 и 118 представляютъ комбинаціи пентагональнаго додекаэдра (r) и преломленнаго пентагональнаго додекаэдра (y), — въ первомъ случаѣ преобладаетъ пентагональный додекаэдръ, во второмъ случаѣ обѣ формы одинаково развиты. Если (r) принадлежитъ формѣ $\left[\begin{smallmatrix} \infty & O2 \\ 2 \end{smallmatrix} \right]$, то легко вычислить, что (y) принадлежитъ формѣ $\left[\begin{smallmatrix} 3 & O^{1/2} \\ 2 \end{smallmatrix} \right]$, или, вообще $n = \frac{2m}{m+1}$, въ знакѣ $\left[\begin{smallmatrix} m & On \\ 2 \end{smallmatrix} \right]$.

Геміэдрія гироэдрическая.

По сравненію съ симметрією полногранныхъ формъ,

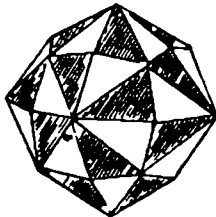
$$C, 3L^4, 4L_1^3, 6L_2^2, 3P, 6P',$$

симметрія гироэдрической геміэдріи выражается

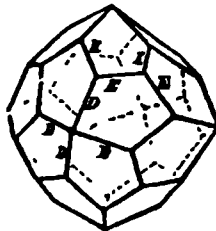
$$0C, 3L^4, 4L_1^3, 6L_2^2, 0P, 0P'.$$

Сопоставляя все, что высказано объ этой геміэдріи, съ тѣмъ, что мы знаемъ о геміэдріи вообще, должно придти къ заключенію, что, въ кубической системѣ, только 48 гранникъ дасть здѣсь форму, отличающуюся по внѣшнему виду отъ полногранной формы: мы знаемъ, что въ геміэдріи гироэдрической исчезаютъ въ известномъ порядкѣ, приуроченномъ къ элементамъ симметріи, не группы плоскостей, но отдѣльныя плоскости ограниченія 48 гранника; во всякой другой формѣ кубической системы одной плоскости 48 гранника соответствуетъ лишь часть плоскости, а такъ какъ въ гироэдрической геміэдріи у 48 гранника исчезаютъ и развиваются отдѣльныя плоскости, у другихъ формъ соответственно исчезаютъ и развиваются отдѣльныя части каждой плоскости, которая, такимъ образомъ, не измѣняетъ внѣшней формы.

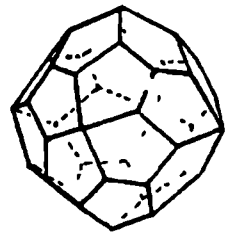
Изъ 48 гранника (фиг. 119) получается, при развитіи плоскостей



Фиг. 119.



Фиг. 120 а.



Фиг. 120 в.

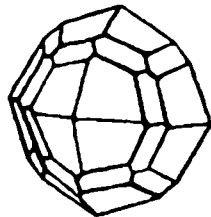
заштрихованныхъ, правый гироэдръ (фиг. 120а), а при развитіи плоскостей не заштрихованныхъ получается лѣвый гироэдръ (фиг. 120b); оба гироэдра, какъ мы видѣли (стр. 43) не могутъ быть совмѣщаемы, они энантиоморфны:

$$\text{пр. } \frac{mOn}{2} \text{ и лѣв. } \frac{mOn}{2}.$$

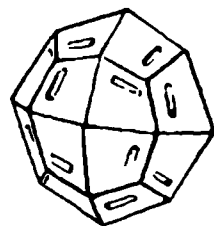
Гироэдры ограничены 24 неправильными пяти-угольниками, стороны, ихъ D и $\bar{D}$, E и $\bar{E}$ попарно равны. Такимъ образомъ, имѣемъ реберъ D всего $24 = 6 \times 4$, реберъ E всего $24 = 8 \times 3$ и еще $3 \times 4 = 12$ реберъ, всего 60 реберъ — очевидно, ребра D сходятся у осей симметріи 4-го порядка — по четыре ребра, E — у осей 3-го порядка по три. Гироэдры на естественныхъ кристаллахъ не были наблюдаемы съ увѣренностью: Германъ опредѣлялъ на кристаллахъ хлористаго аммонія трапецоэдръ, ребра котораго косвенно притуплены плоскостями,

принадлежащими, повидному, гироэдру съ параметрами $1 \frac{8}{7} : \frac{8}{5}$ (фиг. 121a), выѣстъ съ этимъ, на плоскостяхъ трапецоэдра были наблюдаемы *фигуры разѣднія* (фиг. 121b), которыя подтверждаютъ не-симметричность внутренняго строенія кристалла.

На кристаллахъ красной мѣд-ной руды (Cu_2O) Мирсъ наблюдалъ плоскости лѣваго гироэдра съ параметрами $1 \frac{9}{8} : \frac{3}{2}$. Браунсъ наблюдалъ на кубахъ сильвина (KCl), которые долгое время находились въ сыромъ помѣщеніи, фигуры разѣданія въ видѣ пирамидальныхъ углубленій съ квадратнымъ основаніемъ, стороны этихъ квадратовъ образуютъ углы въ $16—18^\circ$ съ ребрами куба, такъ что фигуры какъ-бы повернуты вправо или влево, напоминая расположеніе, представленное на фиг. 81. стр. 45; по вычисленію, эти линии чаще всего близки комбинационнымъ ребрамъ куба съ гироэдромъ пр. $\frac{903}{2}$, хотя такая форма до сихъ поръ вообще не была наблюдаема.



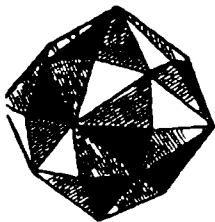
Фиг. 121 a.



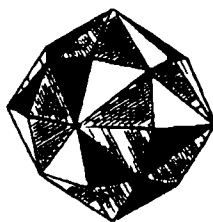
Фиг. 121 b.

Тетартоэдрія кубической системы.

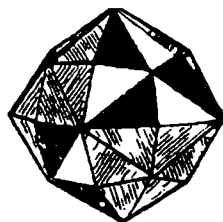
Если подвергать 48 гранникъ послѣдовательно два раза геміэдріи по одному способу, то форма уничтожается; если же 48 гранникъ будемъ подвергать геміэдріи по двумъ различнымъ способамъ, то получится форма *тетартоэдрическая*, образованная развитіемъ четвертой части первоначальнаго числа плоскостей до ихъ взаимнаго пересѣченія надъ мѣстами плоскостей исчезающихъ. Напримѣръ, 1) въ 48 гранникѣ исчезаетъ половина плоскостей по геміэдріи додекаэдрической, такъ что въ каждомъ октантѣ остаются три плоскости, а всего $8 \times 3 = 24$ плоскости; 2) подвергаемъ эту форму, сверхъ того, геміэдріи тетраэдрической, при этомъ исчезаютъ попеременно расположенные октанты, слѣдовательно, въ 48 гранникѣ останутся лишь $4 \times 3 = 12$ плоскостей, т. е. группы, каждая изъ трехъ плоскостей, расположенныя въ четырехъ попеременныхъ октантахъ (фиг. 122a). Съ тѣмъ же конечнымъ результатомъ 48 гранникъ подвергается геміэдріи: 1) гироэдрической и 2) тетраэдрической (фиг. 122b), или—1) гироэдрической и 2) додекаэдрической (фиг. 122c).



Фиг. 122 a.



Фиг. 122 b.

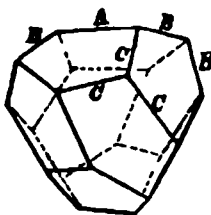


Фиг. 122 c.

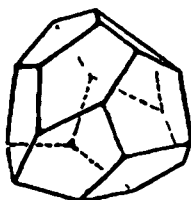
Изъ 48 гранника получаются четыре тетартоэдра:

два правые $+$ пр. $\frac{mOn}{4}$ и $-$ пр. $\frac{mOn}{4}$ (фиг. 123а и б);

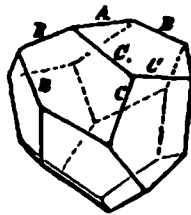
два лѣвые $+$ лѣв. $\frac{mOn}{2}$ и $+$ лѣв. $\frac{mOn}{2}$ (фиг. 124а и б).



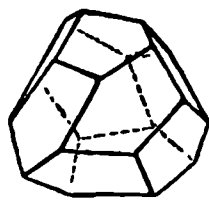
Фиг. 123 а.



Фиг. 123 б.

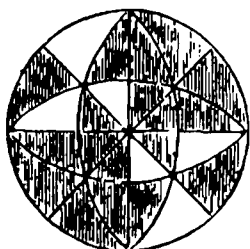


Фиг. 124 а.



Фиг. 124 б.

Въ каждой парѣ тетартоэдры относятся взаимно, какъ двѣ соимѣстимыя геміэдрическія формы $+$ и $-$, слѣдовательно, различаются лишь положеніемъ въ комбинаціяхъ. Формы правая и лѣвая относятся взаимно, какъ гидроэдры, правый и лѣвый, то есть, грани и ребра, расположенныя въ одномъ тетартоэдрѣ справа, расположены въ другомъ слѣва. Фиг. 125 представляетъ совокупность плоскостей, изъ которыхъ развивается правый тетартоэдръ, послѣ примѣненія къ 48-граннику двухъ какихъ-либо геміэдрій (сравн. фиг. 75а и б. 76а и б; 77а и б), на фиг. 122а, б, с различные способы геміэдри показаны различными штриховками, грани, которыя покрыты сѣтчатою штриховкою, исчезаютъ по обѣимъ даннымъ геміэдриямъ.



Фиг. 125.

Изъ всѣхъ элементовъ симметріи 48 гранника, въ тетартоэдрѣ остаются неизмѣнными лишь оси симметріи 3-го порядка. оси 4-го порядка дѣлаются осями 2-го порядка. всѣ остальные элементы симметріи исчезаютъ:

$$OC, 3L^2, 4L_2^2, 6L_2^2, 0P, 0P'.$$

У тетартоэдра ребра трехъ родовъ A, B, C : $6 + 12 + 12 = 30$; трехгранные углы $4 + 4 + 12 = 20$ также трехъ родовъ. Форма ограничена двѣнадцатью неправильными пентагонами, въ нее можно вписать тетраэдръ и тогда, надъ каждымъ ребромъ тетраэдра, располагаются зигзагомъ три ребра тетартоэдра, другіе его ребра располагаются группами по три надъ плоскостями тетраэдра. Четыре трехгранные угла одного рода по положенію соотвѣтствуютъ трехграннымъ угламъ тетраэдра, четыре трехгранные угла другого рода по положенію соотвѣтствуютъ плоскостямъ тетраэдра.

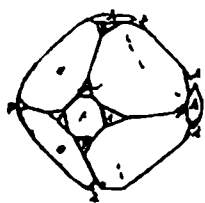
Оси 2-го порядка, очевидно, проходятъ чрезъ середины реберъ A_2 , расположенныхъ надъ ребрами вписаннаго тетраэдра, тригональныя оси

соединяютъ вершины разнородныхъ трехгранныхъ угловъ, расположенныхъ одинъ противъ другого, соответственно плоскости тетраэдра и вершинъ противоположащаго трехграннаго угла. Тетартоэдръ называютъ также *тетраэдрическимъ пентагональнымъ додекаэдромъ*.

Подвергая остальныя формы кубической системы послѣдовательно геміэдріямъ додекаэдрической и тетраэдрической, получаемъ: изъ трапедоэдра два пирамидальные тетраэдра, изъ пирамидальнаго октаэдра—два дельтоэдра, изъ октаэдра—два тетраэдра, изъ пирамидальнаго куба два пентагональные додекаэдра. Такимъ образомъ, если мы имѣемъ комбинацію куба, ромбическаго додекаэдра, *октаэдра*, пирамидальнаго куба и подвергаемъ ее сначала геміэдріи *тетраэдрической*, получимъ въ комбинаціи вышеупомянутыхъ формъ, вмѣсто октаэдра *тетраэдръ*, затѣмъ подвергаемъ комбинацію геміэдріи додекаэдрической, вмѣсто пирамидальнаго куба получимъ *пентагональный додекаэдръ*, кубъ и ромбическій додекаэдръ, какъ мы знаемъ, наружнаго вида не измѣняютъ: комбинацію куба съ тетраэдромъ и пентагональнымъ додекаэдромъ въ первый разъ наблюдалъ Раммельсбергъ въ 1853 году на кристаллахъ хлорновато-натріевой соли, а Марбахъ, вновь ее наблюдавшій, объяснилъ совмѣстное существованіе формъ, соотвѣствующихъ двумъ различнымъ геміэдріямъ, какъ случай тетартоэдрии. Очевидно, внутреннее распрежденіе вещества въ формахъ, но наружности геміэдрическихъ или полногранныхъ, во всѣхъ этихъ случаяхъ, должно соотвѣтствовать степени симметріи тетартоэдра, что подтверждается фигурами разбѣданія на ихъ граняхъ.

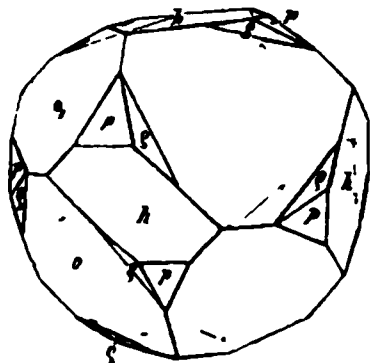
Въ первый разъ плоскости тетартоэдра были наблюдаемы на кристаллахъ азотнокислаго барія, полученныхъ при медленной кристаллизаціи (1877 г.).

Фиг. 126 o и o' —тетраэдры (+ и —), равночѣрно развитые, h —



Фиг. 126.

кубъ, p —пентагональный додекаэдръ, плоскости тетартоэдра λ косвенно срѣзываютъ трехгранные углы, образованные плоскостями куба и двухъ тетраэдровъ.

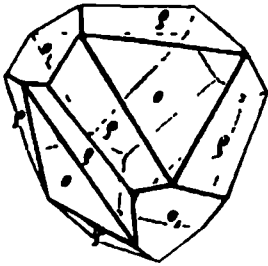


Фиг. 127.

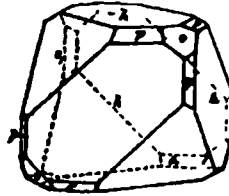
Фиг. 127 o и o' тетраэдры (+ и —). h —кубъ. p —пентагональный додекаэдръ 20° , r —правый тетартоэдръ $\frac{20^\circ}{4}$.

Фиг. 128 : o и o' тетраэдры (+ и —), r —правый тетартоэдръ. Эта комбинація, по сравненію съ предыдущей, характеризуется развитіемъ плоскостей тетартоэдра.

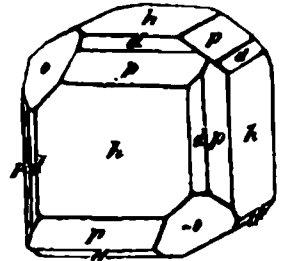
Фиг. 129 : кубъ (h), тетраэдры (o и o'), пентагональный додекаэдръ (p) $2O\infty$.



Фиг. 128.



Фиг. 129.



Фиг. 130.

Фиг. 130 представляет случай комби-

націй тетартоэдрическихъ формъ, который былъ наблюдаемъ Марбахомъ (см. выше), o — тетраэдръ, h — кубъ, p — пентагональный додекаэдръ d — ромбическій додекаэдръ; въ обоихъ этихъ случаяхъ (фиг. 129 и 130) плоскости тетартоэдра отсутствуютъ, но, вслѣдствіе совмѣстнаго существованія тетраэдра и пентагонального додекаэдра, симметрія кристалловъ такая же, какъ у тетартоэдра:

$$OC, 3L^2, 4L^3, OL^2, OP, OP'.$$

Общая замѣчанія относительно геміэдрическихъ и тетартоэдрическихъ формъ кубической системы.

При разборѣ комбинацій геміэдрическихъ формъ, начинающіе часто затрудняются въ опредѣленіи характера геміэдри; въ тетартоэдрическихъ формахъ обыкновенно представляется затруднительнымъ опредѣленіе характера тетартоэдра. Въ этихъ случаяхъ необходимо уяснить себѣ симметрію комбинацій и положеніе плоскостей тетартоэдра.

Припомнимъ прежде всего, что симметрія многогранныхъ формъ кубической системы выражается слѣдующимъ образомъ:

$$C, 3L^4, 4L^3, 6L^2, 3P, 6P''.$$

То есть: въ многогранныхъ формахъ существуютъ три оси симметріи 4-го порядка ($3L^4$), четыре оси 3-го порядка ($4L^3$), шесть осей 2-го порядка, три плоскости симметріи $3P$ перпендикулярныя осямъ 4-го порядка и шесть плоскостей $6P'$ перпендикулярныя осямъ 2-го порядка. Въ кубической системѣ мы опредѣляемъ геміэдрию гироэдрическую, додекаэдрическую и тетраэдрическую.

Въ гироэдрѣ мы находимъ тѣ-же оси симметріи, какъ и въ многогранныхъ формахъ, центръ и плоскости симметріи отсутствуютъ:

$$3L^4, 4L^3, 6L^2, OC, OP, OP',$$

такая геміэдриа называется цѣльноосною.

Въ пентагональномъ додекаэдрѣ и въ преломленномъ пентагональномъ додекаэдрѣ остается центръ симметріи. остаются три главныя пло-

скости симметріи, остаются четыре оси симметріи 3-го порядка, но три оси 4-го порядка полногранныхъ формъ дѣлаются здѣсь осями 2-го порядка, а шесть осей 2-го порядка полногранныхъ формъ здѣсь исчезаютъ. равно и перпендикулярныя имъ плоскости симметріи:

$$C, 3P, 4L^3, 3L^2, OL^2, OP'$$

такая геміэдрія называется также парагеміэдриєю.

Въ тетраэдрическихъ формахъ исчезаютъ центръ симметріи, оси симметріи 2-го порядка полногранныхъ формъ и главные плоскости симметріи; другія плоскости симметріи ($6P'$) остаются, остаются четыре оси симметріи 3-го порядка; три оси симметріи 4-го порядка полногранныхъ формъ дѣлаются здѣсь осями 2-го порядка:

$$6P', 4L^3, 3L^2, OC, OP, OL^2.$$

Этотъ случай геміэдріи можно назвать антигеміэдриєю. Очевидно, всѣ геміэдрическія формы можно раздѣлить на двѣ группы: 1) формы, относящіяся къ геміэдріи цѣльноосной, и 2) формы, относящіяся къ геміэдріямъ не цѣльнооснымъ; группа 2) подраздѣляется на а) формы парагеміэдрическія, обладающія центромъ симметріи, и на б) формы антигеміэдрическія, не обладающія центромъ симметріи.

У тетартоэдровъ имѣются три оси симметріи 2-го порядка, бывшія 4-го порядка полногранныхъ формъ. кромѣ того остаются четыре оси 3-го порядка, другіе элементы симметріи исчезаютъ:

$$4L^3, 3L^2, OL^2, OC, OP, OP'$$

тоже наблюдается, какъ мы видѣли, въ тѣхъ комбинаціонныхъ тетартоэдрическихъ формахъ, гдѣ плоскости тетартоэдра отсутствуютъ.

Простѣйшимъ признакомъ для опредѣленія характера геміэдріи въ комбинаціонной формѣ представляется присутствіе или отсутствіе въ ней плоскостей симметріи.

Если разсматриваемая форма имѣетъ три плоскости симметріи, мы относимъ ее къ геміэдріи додекаэдрической: въ формахъ, относящихся къ тетраэдрической геміэдріи, мы опредѣляемъ шесть плоскостей симметріи.

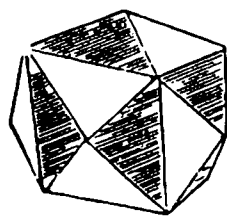
Если разсматриваемая форма не имѣетъ плоскостей симметріи, то она принадлежитъ къ гироэдрической геміэдріи, или же это форма тетартоэдрическая: но формы гироэдрической геміэдріи сохраняютъ всѣ оси симметріи, тогда какъ у формъ тетартоэдрическихъ имѣются лишь три оси симметріи 2-го порядка и четыре оси 3-го порядка.

Для опредѣленія характера гироэдра возстановляемъ въ немъ плоскости симметріи 48-гранника, проходящія чрезъ оси 4-го порядка, ставимъ его такъ, чтобъ одна изъ этихъ плоскостей была направлена къ наблюдателю, и мысленно возстановляемъ четыре грани, образующія ромбическій уголъ 48-гранника, чрезъ вершинну котораго проходитъ ось 2-го порядка L^2 : если, изъ этихъ граней, для образованія гироэдра остается

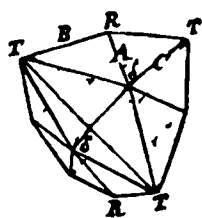
правая верхняя грань (и, соответственно, лѣвая нижняя). мы имѣемъ правый гидродръ; если остается лѣвая верхняя грань (и, соответственно, правая нижняя). мы имѣемъ лѣвый гидродръ. (Сравн. фиг. 119, 120а и b, также 77а и b).

Подобнымъ же образомъ можно опредѣлять характеръ тетартоэдровъ, но удобнѣе разсматривать ихъ, какъ гемидрію другой гемидрической формы, впрочемъ, въ связи съ такою постановкою формы, какою мы пользуемся для опредѣленія характера гидроэдровъ. Допустимъ, что изъ преломленного пирамидальнаго тетраэдра (фиг. 131) получаются два тетартоэдра: одинъ развивается изъ плоскостей незаштрихованныхъ, другой — изъ плоскостей заштрихованныхъ. очевидно, первому изъ нихъ соответствуетъ форма, представленная на фиг. 124а, второму — форма, представленная на фиг. 123а. Сопоставляя между собою фигуры 131 и 132, также фиг. 75b и фиг. 46, мы видимъ, что оба разсматриваемые тетартоэдра положительны, такъ какъ соответствующій имъ преломленный пирамидальный тетраэдръ развивается изъ праваго верхняго октанта 48-гранника и изъ послѣдующихъ.

Если въ формѣ, на фиг. 131, развиваются грани незаштрихованныя. въ формѣ, на фиг. 132, это соответствуетъ развитію грани $R A \delta C T$



Фиг. 131.



Фиг. 132

R и послѣдующихъ, чрезъ одну. Если въ формѣ, на фиг. 131 развиваются грани заштрихованныя, это соответствуетъ (фиг. 132) развитію грани $T B R A \delta T$, и послѣдующихъ, чрезъ одну. Эта плоскость развивается изъ грани 48-гранника $T O R$ (фиг. 46), правой верхней въ ромбической группѣ $T O T \dots$.

по отношенію къ плоскости симметріи кристалла, проходящей чрезъ $T T$ — и такъ, тетартоэдръ, изображенный на фиг. 123а, правый положительный (сравн. также фиг. 125).

Точно также, тетартоэдръ, изображенный на фиг. 124а, развивающійся изъ незаштрихованныхъ граней на фиг. 131, опредѣляется какъ лѣвый положительный.

Съ другой стороны. возстановимъ въ тетартоэдрѣ, на фиг. 123а, плоскости симметріи 48-гранника. проводя ихъ чрезъ оси 2-го порядка у тетартоэдра, мы, по сравненію той формы съ 48-гранникомъ (фиг. 46). видимъ, что грань $B A C O$ (фиг. 123а) развилась изъ грани $T R O$ (фиг. 46), правой верхней грани въ группѣ $T O T \dots$ по отношенію къ плоскости симметріи $T T$ (фиг. 46), какъ мы вѣдѣли.

Для болѣе яснаго представленія всѣхъ формъ кубической системы въ ихъ взаимномъ соотношеніи, мы дадимъ здѣсь синоптическую таблицу этой системы. (См. стр. 62).

Примѣняемая здѣсь греческая номенклатура ясно выражаетъ наружный видъ формъ; мы напомнимъ лишь, что ἑξά — по-гречески — шесть, οκτώ — восемь, δωδεκά — двѣнадцать, τριὰς — трижды, τετραὰς — четырежды, εἰκοσι — двадцать, ἑξάκις — по шести, τετταρες — четыре, διὰς — дважды.

Очевидно, исходя отъ куба, октаэдра, тетраэдра, додекаэдра, можно ясно представить характеръ всѣхъ другихъ формъ системы, въ ихъ взаимномъ соотношеніи.

Въ настоящее время формы кубической системы обозначаются также иначе — мы познакомимся и съ этимъ обозначеніемъ формъ, въ связи съ обозначеніемъ ихъ по Миллеру. Предварительно мы рассмотримъ четыре плоскости 48-гранника, образующіе ромбическій уголъ: (фиг. 133) здѣсь пр. и лѣв. соотвѣтствуетъ правымъ и лѣвымъ плоскостямъ группы, + и — соотвѣтствуютъ верхнимъ и нижнимъ плоскостямъ группы.

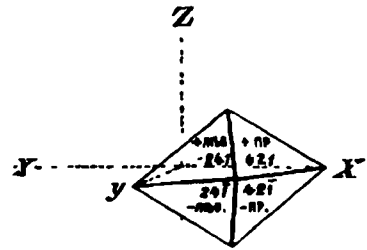


Fig. 133.

Изъ этой группы одному діакись-додекаэдру соотвѣтствуютъ плоскости + пр. и — пр., онъ называется потому правымъ діакись-додекаэдромъ и обозначается по способу Миллера $\{hkl\}$; другому діакись додекаэдру соотвѣтствуютъ плоскости + лѣв. и — лѣв., онъ называется потому лѣвымъ діакись-додекаэдромъ и обозначается по способу Миллера $\{h\bar{k}l\}$. Одному изъ гироэдровъ, очевидно, должны соотвѣтствовать плоскости + пр. и — лѣв., другому гироэдру должны соотвѣтствовать плоскости + лѣв. и — пр. Въ названіяхъ этихъ формъ преимущество дается плоскостямъ съ положительными знаками, такъ что. первая изъ нихъ называется правымъ гироэдромъ, вторая называется лѣвымъ гироэдромъ; эти формы называютъ также, по числу и виду граней, *правымъ пентагональнымъ-икоситетраэдромъ* $\{hkl\}$ и *лѣвымъ пентагональнымъ икоситетраэдромъ* $\{h\bar{k}l\}$. Подобнымъ-же образомъ, гексакись-тетраэдрамъ соотвѣтствуютъ или плоскости + пр. и + лѣв., или-же соотвѣтствуютъ плоскости — пр. и — лѣв., потому, одинъ изъ гексакись-тетраэдровъ обозначается $\{hkl\}$ и называется положительнымъ, другой обозначается $\{h\bar{k}l\}$ и называется отрицательнымъ. У тетраэдровъ называемыхъ также *тетраэдрическими пентагональными додекаэдрами*, соотвѣтствующія плоскости принадлежатъ:

+ пр. правому положительному $\{hkl\}$, + лѣв. лѣвому положительному $\{h\bar{k}l\}$.

— пр. правому отрицательному $\{hkl\}$, — лѣв. лѣвому отрицательному $\{h\bar{k}l\}$.

1, Таблица форм кубической системы.

Положительная формы.	Гемидрия тетраэдрическая.	Гемидрия додекаэдрическая.	Гемидрия гипердическая.	Тетраэдриа.
Октаэдр 0	Тетраэдр $+\frac{0}{2}, -\frac{0}{2}$	-	-	Тетраэдр $+\frac{0}{4}, -\frac{0}{4}$ (справ. выше)
Тетраэдр (куб) $\infty 0 \infty$	-	-	-	-
Ромбический додекаэдр 0∞	-	-	-	-
Триакс-октаэдр (правильный октаэдр) $n 0$	Дельтоид-додекаэдр (дельтоид) $\frac{On}{2}, -\frac{On}{2}$	-	-	Дельтоид-додекаэдр (дельтоид) $\frac{On}{4}, -\frac{On}{4}$ (справ. выше)
Тетракс-тетраэдр (правильный куб) $m 0 \infty$	-	Пентагональный доде- каэдр $+\left[\frac{m 0 \infty}{2}\right], -\left[\frac{m 0 \infty}{2}\right]$	-	Пентагональный додекаэдр $+\frac{m 0 \infty}{4}, -\frac{m 0 \infty}{4}$ (справ. выше)
Триакс-тетраэдр (правильный тетраэдр) $m 0 m$	Триакс-тетраэдр (правильный тетраэдр) $+\frac{m 0 m}{2}, -\frac{m 0 m}{2}$	-	-	Триакс-тетраэдр (правильн. тетраэдр) $+\frac{m 0 m}{4}, -\frac{m 0 m}{4}$ (справ. выше)
Тетракс-октаэдр (48-гранный) $m 0 n$	Тетракс-тетраэдр (пределен. правый тетр.) $+\frac{m 0 n}{2}, -\frac{m 0 n}{2}$	Дикс-додекаэдр (предел. пент. додекаэдр) $+\left[\frac{m 0 n}{2}\right], -\left[\frac{m 0 n}{2}\right]$	Гипоэдр $\frac{m 0 n}{2}, \text{или}, \frac{m 0 n}{2}$	Тетраэдр $+\text{пр.} \frac{m 0 n}{4}, -\text{пр.} \frac{m 0 n}{4}$ $+\text{спр.} \frac{m 0 n}{4}, -\text{спр.} \frac{m 0 n}{4}$

Мы дадимъ здѣсь другую синоптическую таблицу кубической системы, раздѣляя ее на классы, въ зависимости отъ симметріи формъ, образующихъ такіе классы.

Припоминая то, что выше было сказано о различіи внутренней симметріи у кристалловъ, которые могутъ быть ограничены одинаковыми плоскостями и въ одинаковомъ количествѣ, мы не удивимся, напр., тому обстоятельству, что кубъ встрѣчается во всѣхъ классахъ, относящихся къ кубической системѣ: если, рассматривая комбинаціи на естественныхъ кристаллахъ, мы имѣли-бы въ одномъ случаѣ и для одного вещества комбинацію куба съ октаэдромъ, въ другомъ случаѣ и для другого вещества— комбинацію куба съ тетраэдромъ, затѣмъ въ иныхъ случаяхъ, комбинаціи куба съ пентагональнымъ икоситетраэдромъ (гироэдромъ), съ пентагональнымъ додекаэдромъ. Рассматривая, напр., минералъ плавиковый шпатъ (CaF_2) мы наблюдаемъ на немъ комбинаціи куба съ октаэдромъ (фиг. 57): рассматривая минералъ борацитъ ($8\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2$), мы имѣемъ комбинацію куба съ тетраэдромъ (фиг. 97): а priori можно сказать, что природа обоихъ этихъ кубовъ не одинакова, съ виѣшней стороны выражается различіе тѣмъ, что тому и другому кубу, въ комбинаціяхъ, соотвѣтствуютъ элементы симметріи не одни и тѣ же, кромѣ того, если нагрѣть кристаллъ борацита, на углахъ куба притупленныхъ и не притупленныхъ плоскостями тетраэдра, развивается электрическое напряженіе различныхъ знаковъ. Примѣровъ аналогичныхъ этимъ примѣрамъ и другимъ, которыя приведены выше, можно найти очень много. Общимъ началомъ, связывающимъ всѣ эти классы въ одну систему, является то обстоятельство, что всѣ формы, сюда относящіяся, ограничены плоскостями, которые, будучи отнесены къ осямъ координатъ кубической системы, выражаются одинаковыми индексами или параметрами относительно этихъ осей.

Сравнивая обѣ синоптическія таблицы, мы видимъ между ними разницу въ томъ отношеніи, что въ первой таблицѣ формы геміэдрическія и тетартэдрическія представляются генетически связанными съ формами полногранными (голоэдрическими), тогда какъ во второй таблицѣ каждый классъ рассматривается независимо отъ другихъ классовъ и опредѣляется лишь, какъ совокупность формъ, обладающихъ одинаковою симметріею.

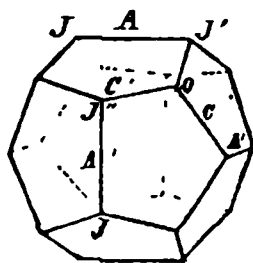
Съ другой стороны, формы каждого класса, подобно формамъ соотвѣтствующей имъ группы въ первой таблицѣ, могутъ быть выведены изъ самой сложной формы этого класса при измѣненіи значенія индексовъ. Формы класса гексакисъ-октаэдра выводятся изъ этой формы, какъ указано выше. Для примѣра такого соотношенія формъ въ другомъ классѣ системы, рассмотримъ классъ тетраэдрическаго додекаэдра (тетартэдриа въ другой таблицѣ): мы прежде всего обратимъ вниманіе на положеніе

II. Таблица форм кубической системы.

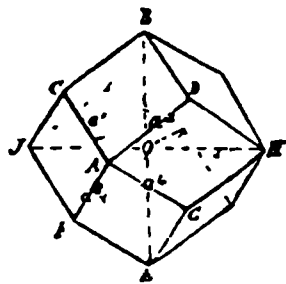
Класс гексагс-октаэдр.	Класс гексагс-тетраэдр.	Класс дигс-додекаэдр.	Класс пентагонального иксотетраэдра.	Класс тетраэдрического пентагонального додекаэдра.
Гексаэдр (куб) '100'	Гексаэдр '100'	Гексаэдр '100'	Гексаэдр '100'	Гексаэдр '100'
Ромбический додекаэдр '110'	Ромбический додекаэдр '110'	Ромбический додекаэдр '110'	Ромбический додекаэдр '110'	Ромбический додекаэдр '110'
Октаэдр '111'	Тетраэдр положительный и отрицательный '111' и '111'	Октаэдр '111'	Октаэдр '111'	Тетраэдр положительный и отрицательный '111' и '111'
Тетрагс-гексаэдр (правильный куб) 'h k O'	Тетрагс-гексаэдр 'h k O'	Пентагональный доде- каэдр двый и правый 'k h O' и 'h k O'	Тетрагс-гексаэдр 'h k O'	Пентагональный додекаэдр двый и правый 'k h O' и 'h k O'
Икоситетраэдр 'h k k'	Триакс-тетраэдр положительный и отрица- тельный 'h k k' и 'h k k'	Икоситетраэдр 'h k k'	Икоситетраэдр 'h k k'	Триакс тетраэдр положительный и отрица- тельный 'h k k' и 'h k k'
Триакс-октаэдр (правильный октаэдр) 'h h l'	Дельтоид-додекаэдр положительный и отрица- тельный 'h h l' и 'h h l'	Триакс-октаэдр 'h h l'	Триакс-октаэдр 'h h l'	Дельтоид-додекаэдр положительный и отрица- тельный 'h h l' и 'h h l'
Гексагс-октаэдр (48-гранник) 'h k l', 'h k l', 'h k l', 'h k l'	Гексагс-тетраэдр положительный и отрица- тельный 'h k l' и 'h k l'	Дигс-додекаэдр двый и правый 'k h l' и 'h k l'	Пентагональный икосе- тетраэдр двый и правый 'k h l' и 'h k l'	Тетраэдрический пентаго- нальный додекаэдр 'h k l', 'h k l', 'h k l', 'h k l'

плоскостей, пересекающихся попарно въ ребрахъ, перпендикулярныхъ осямъ симметріи 2-го порядка, чрезъ которыя проводимъ оси координатъ, при чемъ параллельно наблюдателю идетъ ось XX' , къ наблюдателю—оси YY' , вертикально—ось ZZ' , двѣ верхнія плоскости опредѣляются, напр., индексами (123) и $(\bar{1}\bar{2}3)$, то есть, эти плоскости пересекаютъ вертикальную ось ZZ' на разстояніи наименьшемъ отъ началъ координатъ, двѣ другія оси XX и YY' онѣ пересекаютъ на разстояніяхъ большихъ. въ болѣе общемъ видѣ мы возьмемъ индексы (hkl) и $(\bar{h}\bar{k}\bar{l})$, при $h=k=l=0$, обѣ эти плоскости сливаются въ одну плоскость, которая пересекаетъ вертикальную ось ZZ на нѣкоторомъ конечномъ разстояніи, по отношенію къ другимъ осямъ координатъ XX' и YY' плоскость эта располагается параллельно, знакъ ея $(00l)$ или $(00\bar{l})$; очевидно, тоже будетъ имѣть мѣсто и по отношенію къ другимъ плоскостямъ, пересекающимъ нижній конецъ оси ZZ , изъ этой пары плоскостей получается одна плоскость $(00l)$ или $(00\bar{l})$; точно также, для другихъ осей координатъ получаются плоскости (100) и $(\bar{1}00)$, (010) и $(0\bar{1}0)$: такимъ образомъ получается кубъ. Точно также, если въ знакахъ граней разсматриваемой формы (123) , (312) или, въ общемъ видѣ, (hkl) индексы, послѣдовательно измѣняясь, приближаются къ взаимному равенству $h=k=l$ и (hhh) или (111) , то каждая группа изъ трехъ плоскостей, напр., (123) , (312) , (231) , соответствующихъ одному октаэду въ системѣ координатъ, превращается въ одну плоскость, а вся разсматриваемая форма превращается въ тетраэдръ. Остальныя формы этого класса: ромбическій додекаэдръ, пентагональный додекаэдръ, триаксис-тетраэдръ (пирамидальный тетраэдръ) и дельтоидъ-додекаэдръ—всѣ ограничены двѣнадцатью гранями, подобно тетраэдрическому пентагональному додекаэдру; если мы въ этой формѣ (фиг. 123а) измѣнимъ положеніе граней такъ, чтобъ ребро A совпадало съ плоскостью бумаги, а грань $BVCC$ и ей соответствующая слѣва были перпендикулярны бумагѣ, то, при такомъ же измѣненіи положенія и другихъ граней формы, мы получимъ пентагональный додекаэдръ (фиг. 134), при этомъ индексы формы, напр., (hkl) $(\bar{h}\bar{k}\bar{l})$ измѣняются $(0kl)$ $(0\bar{k}\bar{l})$...

Чтобъ перейти къ ромбическому додекаэдру, достаточно измѣнить положеніе плоскостей пентагонального додекаэдра такъ, чтобъ въ его знакѣ было $k=l=1$, тогда, напр., плоскость $J'OCA'$ (фиг. 134) приметъ положеніе плоскости BDH (фиг. 135), плоскость $J''J'''A'SO$ (фиг. 134) приметъ положеніе плоскости



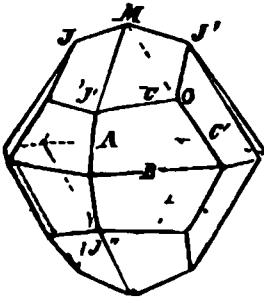
Фиг. 134.



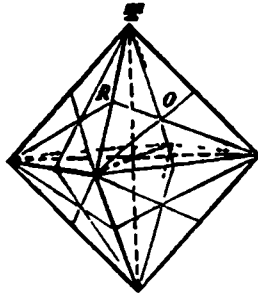
Фиг. 135.

DAGH (фиг. 135) и т. д. Другія формы этого класса производятся из тетраэдрическаго пентагональнаго додекаэдра аналогичнымъ путемъ.

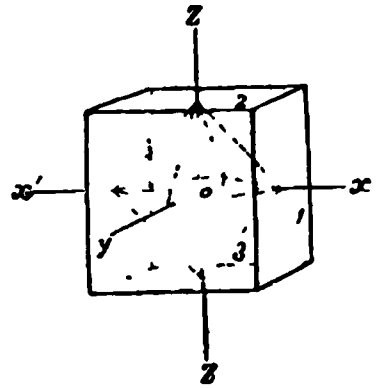
Разсмотримъ классъ диакисъ додекаэдра (фиг. 136) $\{hkl\}$; очевидно, если въ правомъ верхнемъ октантѣ, для плоскостей $MJ'OJ'$, $J''ABOC$, $J'OC...$ мы допустимъ $h=k=l$, то всѣ три плоскости будутъ имѣть знакъ (hhh) или (111) и сольются въ одну плоскость октаэдра; тоже справедливо и для другихъ октанговъ, такъ получаются восемь плоскостей октаэдра (фиг. 137 и 138).



Фиг. 136.

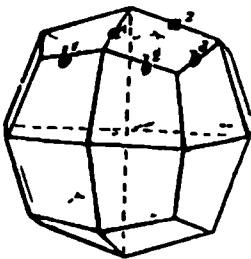


Фиг. 137.



Фиг. 138.

Для получения куба мы представимъ четыре плоскости, пересѣкающія, напр., ось ZZ на наименьшемъ разстояніи, $MJ'OJ$, $MJ'J'...$ и двѣ имъ соотвѣтствующія (hkl) , $(\bar{h}kl)$, $(h\bar{k}l)$, $(\bar{h}\bar{k}l)$: при $h=k=0$, эти четыре плоскости сливаются въ одну плоскость куба $(00l)$ или (001) , параллельную осямъ XX' и JJ' , и пересѣкающую ось ZZ на разстояніи конечномъ. Тоже будетъ и по отношенію къ группамъ плоскостей, сходящимся по четыре къ осямъ координатъ въ диакисъ-додекадрѣ—такимъ образомъ получается кубъ. Для получения изъ диакисъ-додекаэдра формы, ограни-



Фиг. 139.

ченной также двадцатью четырьмя плоскостями и называемой икоситетраэдромъ, достаточно лишь измѣнить положеніе граней диакисъ-додекаэдра такъ, чтобъ въ знакѣ его мы имѣли два индекса равные между собою, напр., вмѣсто (hkl) , при $k=l$, (hll) , при чемъ $h>l$, то есть, грань пересѣкаетъ двѣ оси на разстояніяхъ между собою равныхъ, третью ось она пересѣкаетъ на разстояніи меньшемъ (фиг. 139):

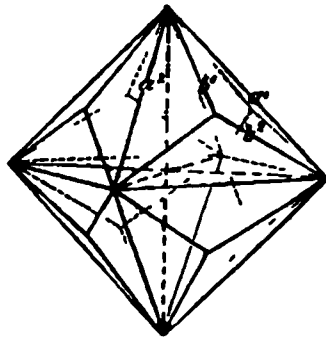
очевидно, a^1 и a^3 (фиг. 139) аналогичны $J''M$ и $J'M$ (фиг. 136), b^2 и b^3 (фиг. 139) аналогичны $J''O$ и $J'O$.

Подобнымъ-же образомъ мы переходимъ отъ диакисъ-додекаэдра также къ 24-хъ-граннику, триакисъ октаэдру (kkl) , при чемъ $h=k>l$. Въ частныхъ случаяхъ мы можемъ имѣть, напр., для грани диакисъ-додекаэдра (421) , для икоситетраэдра (411) , для триакисъ-октаэдра (221) ; переходя къ параметрамъ этихъ плоскостей, мы имѣемъ для плоскости

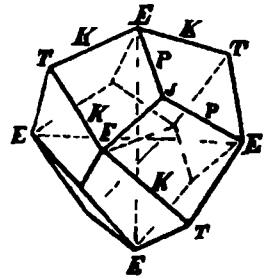
діакісь-додекаэдра $\frac{1}{4} : \frac{1}{2} : \frac{1}{1}$ или $1 \quad 2 \quad 4$; для икоситетраэдра $\frac{1}{4} : \frac{1}{1} : \frac{1}{1}$ или $1 \quad 4 \quad 4$; для триакісь-октаэдра $\frac{1}{2} : \frac{1}{2} : \frac{1}{1}$ или $1 \quad 1 \quad 2$.

Діакісь-додекаэдръ переходитъ въ пентагональный додекаэдръ, когда въ знакѣ $\{hkl\}$ одинъ изъ индексовъ равняется 0, напр. если имѣемъ плоскость $MJ'OJ''$ (hkl) и $MJJ'...$ (hkl), то, при $h=0$, обѣ эти плоскости сливаются въ одну плоскость пентагональнаго додекаэдра $J'OJ''J$ параллельную оси XX' , тоже справедливо для другихъ паръ плоскостей въ діакісь-додекаэдрѣ, расположенныхъ соотвѣтствующимъ образомъ, мы—получаемъ пентагональный додекаэдръ. Переходъ отъ пентагональнаго додекаэдра къ ромбическому додекаэдру указанъ выше, но мы можемъ перейти къ нему отъ триакісь-октаэдра, полагая, напр., въ знакѣ (kkl) , ($l=0$).

Въ классѣ гексакись-тетраэдра соотношение между этою, самою сложною формою класса (hkl), и тетраэдромъ, самою простою формою (111), выражается очень просто—но существу, здѣсь переходъ такой-же, какъ въ классѣ тетраэдрическаго пентагональнаго додекаэдра, но представить его можно легче, ввиду болѣеи степени симметрии въ классѣ гексакись-тетраэдра: переходъ къ ромбическому додекаэдру (110) весьма удобенъ отъ дельтоидъ-додекаэдра, фиг. 141 (hhl). при $l=0$: очевидно, въ такомъ случаѣ, ромбическій додекаэдръ представляетъ частный случай дельтоидъ-додекаэдра, когда въ этой формѣ, при частномъ значеніи индекса, плоскости пересѣкаютъ двѣ оси координата на разстояніяхъ конечныхъ, но направляются параллельно третьей оси (фиг. 140 и 141).



Фиг. 140.



Фиг. 141.

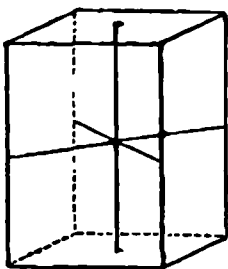
Сравнивая обѣ синоптическія таблицы, мы находимъ между ними существенное сходство, оставляя въ сторонѣ способъ обозначенія, но, вмѣстѣ съ тѣмъ, наблюдается и существенная разница: въ первой таблицѣ формы гекіэдрическія и тегартэдрическія связаны генетически съ полногранными формами, а эти послѣднія связаны съ самою сложною формою системы, 48 граничкомъ. изъ котораго ихъ всѣ можно вывести: во второй таблицѣ мы имѣемъ пять самостоятельныхъ классовъ. каждый изъ нихъ представляетъ совокупность формъ, связанныхъ съ самою сложною формою класса, и обладающихъ опредѣленною симметриею. Мы могли бы разсматривать эти классы совершенно независимо

одинъ отъ другого, но, очевидно, они могутъ быть связаны общностью осей координатъ: аналогичныя плоскости формъ всѣхъ этихъ классовъ, независимо отъ степени ихъ симметріи, опредѣляются по отношенію къ общимъ осямъ координатъ одинаковыми параметрами.

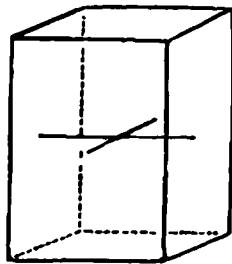
Система квадратная или тетрагональная.

Къ системѣ квадратной относятся формы, обладающія всего пятью плоскостями симметріи. Одна изъ этихъ плоскостей симметріи перпендикулярна остальнымъ *четыремъ* плоскостямъ—она совпадаетъ съ такъ называемымъ основнымъ сѣченіемъ системы (фиг. 144). Изъ другихъ плоскостей симметріи одна пара образуетъ *боковыя* плоскости симметріи (фиг. 144), взаимно перпендикулярныя и перпендикулярныя главной плоскости, другая пара образуетъ *диагональныя* плоскости симметріи (фиг. 145). онѣ дѣлятъ пополамъ углы между боковыми плоскостями симметріи, отсюда и названіе ихъ—очевидно онѣ взаимно перпендикулярны и перпендикулярны главной плоскости. (Срав. стр. 10).

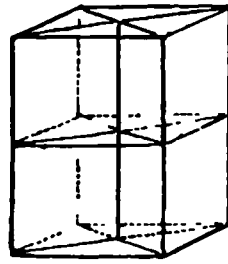
Здѣсь опредѣляется одна ось симметріи 4-го порядка Δ^4 (фиг. 142 и 144), она перпендикулярна главной плоскости симметріи: перпендикулярно этой оси, въ главной плоскости, проходятъ четыре оси симметріи 2-го порядка: двѣ оси L_1^2 соотвѣтственно перпендикулярныя диагональнымъ плоскостямъ симметріи (фиг. 143), и двѣ оси L^2 соотвѣтствен-



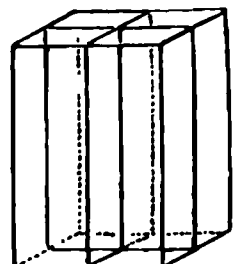
Фиг. 142.



Фиг. 143.



Фиг. 144.



Фиг. 145.

перпендикулярныя боковымъ плоскостямъ симметріи (фиг. 142); очевидно оси $2L^2$ дѣлятъ пополамъ углы между осями $2L_1^2$, и наоборотъ. Центръ симметріи опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія оси 4-го порядка со главною плоскостью. Ось симметріи 4-го порядка Δ^4 , единственная по положенію и степени симметріи въ этой системѣ, называется главною, она перпендикулярна главной плоскости симметріи Π .

Такимъ образомъ, мы опредѣляемъ здѣсь центръ симметріи, одну плоскость симметріи перпендикулярную двумъ парамъ другихъ плоскостей симметріи, ось симметріи 4-го порядка, двѣ пары осей 2-го порядка:

$$C, \Pi, 2P, 2P', \Delta^4, 2L^2, 2L_1^2.$$

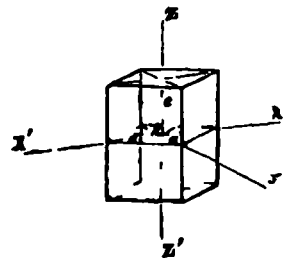
Символь этотъ соответствуетъ многограннымъ формамъ; для гексаэдри и тетраэдри мы здѣсь, какъ это было и въ кубической системѣ, должны сдѣлать соответствующія обозначенія, которыя показываютъ характеръ измѣненія симметріи формы многогранной, при закономѣрномъ переходѣ ея въ соответствующую форму неполногранную.

Для опредѣленія положенія граней въ формахъ квадратной системы, мы проводимъ оси координатъ: оси XX' и YY' при этомъ совмѣщаются съ осями симметріи 2-го порядка взаимно перпендикулярными. ось ZZ' совмѣщается съ осью 4-го порядка. Плоскость координатъ, совпадающая съ главною плоскостью симметріи, называется основнымъ сѣченіемъ кристалла; другія двѣ плоскости координатъ, совмѣщаемыя съ боковыми плоскостями симметріи, называются боковыми сѣченіями кристалла. Отмѣчая отрѣзки координатныхъ осей внутри кристалла, какъ кристаллографическія оси, мы опредѣляемъ въ квадратной системѣ ось вертикальную, которая по величинѣ и направленію отличается отъ двухъ горизонтальныхъ осей взаимно перпендикулярныхъ; соотношеніе кристаллографическихъ осей въ квадратной системѣ выражается слѣдующимъ образомъ:

$$a : a : c, \quad c \geq a$$

вертикальная ось c называется главною кристаллографическою осью системы. a и a боковыя оси; углы между осями всѣ равны 90°
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$.

Слѣдовательно, въ формахъ квадратной системы (фиг. 146) опредѣляются три кристаллографическія оси a , a и c , двѣ боковыя и одна главная ось; линіи, дѣлящія пополамъ углы между боковыми осями, называются осями *диагональными*, — онѣ особаго обозначенія не имѣютъ.



Фиг. 146.

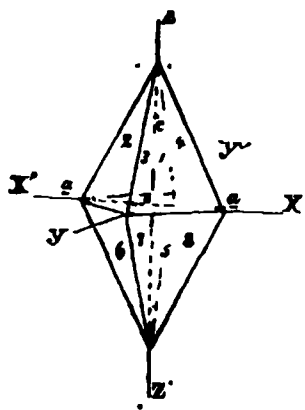
Значеніе координатныхъ и кристаллографическихъ осей видно будетъ изъ слѣдующаго — мы напомнимъ здѣсь, что положеніе координатныхъ, слѣдовательно и кристаллографическихъ осей, въ частныхъ случаяхъ приурочивается къ положенію осей симметріи, яо, вообще, носить самостоятельный характеръ, — ихъ проводятъ, соединяя элементы ограниченія кристалла одноименные и одинаково расположенные.

Полногранные формы.

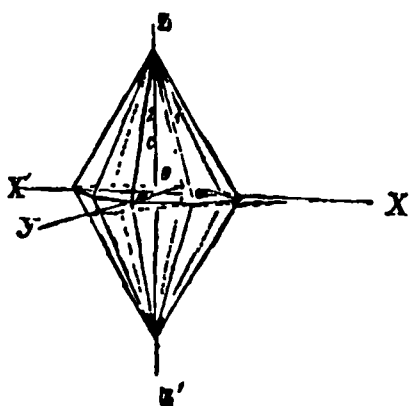
Для изученія многогранныхъ формъ квадратной системы, ихъ кристаллографическія оси совмѣщаютъ, какъ сказано выше, съ прямоугольною системою координатныхъ осей и опредѣляютъ положеніе плоскостей, ограничивающихъ рассматриваемую форму, при помощи отрѣзковъ коор-

динатных осей, которые дѣлають плоскости ограниченія кристалла (грани) непосредственно, или-же при продолженіи ихъ до пересѣченія съ осями координатъ. Какъ извѣстно изъ предыдущаго, это — параметры граней кристалла. Единицею мѣры параметровъ по горизонтальнымъ осямъ координатъ выбираютъ величину боковой кристаллографической оси a ; единицею мѣры параметровъ по вертикальной оси координатъ выбираютъ величину главной кристаллографической оси c .

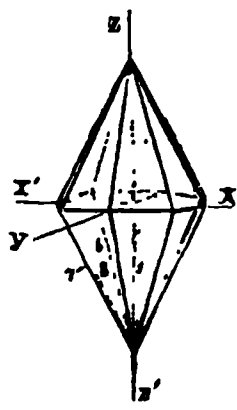
Въ какой-нибудь данной комбинаціи выбираютъ совершенно произвольно форму, плоскости которой дѣлають на осяхъ координатъ отрѣзки, условно принимаемые за $a : a : c$. Плоскость (1) (фиг. 147), пересѣкающая оси координатъ на разстояніяхъ $a : a : c$ со знаками $+$ (плюсь) находится въ правомъ верхнемъ переднемъ октантѣ системы координатъ. По условіямъ симметріи квадратной системы, мы должны представить себѣ аналогичную плоскость ограниченія кристалла, расположенную въ лѣвомъ верхнемъ переднемъ октантѣ, параметры ея — $a : a : c$, при допущеніи, что ось XX' параллельна наблюдателю. Для плоскости (4), въ правомъ верхнемъ заднемъ $a : -a : c$, для плоскости (3) въ лѣвомъ заднемъ октантѣ знакъ $-a : -a : c$; для соответствующихъ плоскостей въ нижнихъ октантахъ 5, 6, 7 и 8, при аналогичныхъ обозначеніяхъ. значеніе c всегда сопровождается знакомъ $-$ (минусъ).



Фиг. 147.



Фиг. 148а.



Фиг. 148 в.

Такимъ образомъ получается форма, называемая квадратною пирамидою 1-го рода: въ этой формѣ параметры граней относятся между собою, какъ величины опредѣляемыхъ ею кристаллографическихъ осей — мы назовемъ ее основною пирамидою комбинаціи и будемъ опредѣлять параметры другихъ плоскостей, входящихъ въ эту комбинацію, по продолженію этихъ осей a , a , c и какъ величины пугъ пропорціональныя.

Возьмемъ нѣкоторую (1) плоскость (фиг. 148а и в), пересѣкающую ось координатъ XX' на разстояніи pa , ось YY' — на разстояніи qa . ось

ZZ' —на разстояніи rc , такъ что положеніе ея можно выразить соотношеніемъ параметровъ:

$$pa : qa : rc.$$

сокращая величины pa , qa , rc на самый малый коэффициентъ p , мы имѣемъ:

$$a : \frac{q}{p} a : \frac{r}{p} c$$

или, полагая $\frac{a}{p} = n$, $\frac{r}{p} = m$,

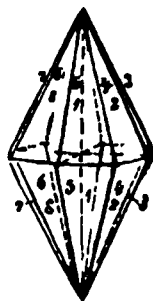
$$a : na : mc.$$

При существованіи такой плоскости (1). симметрія полногранныхъ формъ квадратной системы обуславливаетъ появленіе въ томъ же октантѣ аналогичной плоскости (2), параметры которыхъ будутъ

$$na : a : mc.$$

Если двѣ такія плоскости существуютъ, напр., въ правомъ верхнемъ октантѣ, то такія же пары плоскостей должны существовать во всѣхъ остальныхъ октантахъ: таковы условія существованія формы квадратной системы, имѣющей наиболѣе общій характеръ, такъ какъ для опредѣленія ея граней мы взяли произвольныя величины p , q , r , и выводимъ ея наружный видъ, руководствуясь лишь характеромъ симметріи полногранныхъ формъ квадратной системы.

Полученная форма (фиг. 148с) имѣетъ шестнадцать граней, неравностороннихъ треугольниковъ въ ней опредѣляются 8 реберъ основныхъ, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи кристалла, 8 реберъ полярныхъ, вершинныхъ, соотвѣтствующихъ боковымъ плоскостямъ симметріи, и 8 реберъ полярныхъ, соотвѣтствующихъ діагональнымъ плоскостямъ симметріи; полярныя ребра болѣе острія принимаются за боковыя ребра кристалла, полярныя ребра болѣе тупыя принимаются за ребра діагональныя—соотвѣтственно этому проводятъ плоскости симметріи. Главная кристаллографическая ось проходитъ чрезъ вершины двухъ дитетрагональных угловъ, боковыя оси проходятъ чрезъ вершины четырехъ ромбическихъ угловъ одного рода, діагональныя оси проходятъ чрезъ вершины аналогичныхъ угловъ другого рода. Форма эта называется дитетрагональною пирамидою. Измѣняя значенія параметровъ плоскостей дитетрагональной пирамиды, изъ нея получаютъ всѣ формы квадратной системы, съ этой точки зрѣнія дитетрагональная пирамида является представителемъ системы.

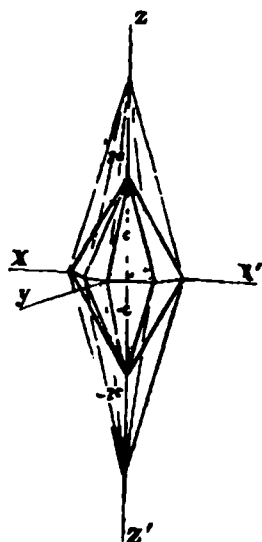


Фиг. 148с.

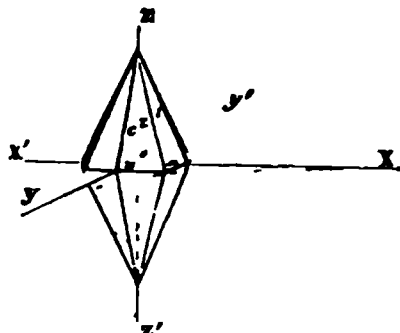
Въ самомъ дѣлѣ, обозначеніе $a : na : mc$, съ соотвѣтствующими подстановками $+$ и $-$, относится къ каждой грани дитетрагональной пира-

миды, слѣдовательно, это выраженіе можно разсматривать, какъ знакъ всей формы.

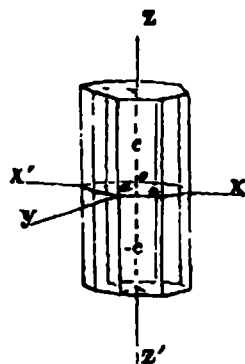
Пусть въ $a : na : tc$ послѣдовательно увеличивается значеніе коэффиціента t , при этомъ, очевидно, получаютъ дитетрагональныя пирамиды, съ одинаковымъ основнымъ сѣченіемъ, все болѣе и болѣе острыя (фиг. 149а и б), напр. $a : na : 2c$, $a : na : 3c$.. двугранные углы пирамиды, соотвѣтствующіе ея основному сѣченію, послѣдовательно увеличиваются и, при $t = \infty$, дѣлаются равны 180° (фиг. 150). тогда каждая пара граней, пересѣкающихся въ ребрѣ основнаго сѣче-



Фиг. 149 б.



Фиг. 149 а.



Фиг. 150.

нія, сливается въ одну грань, параллельную вертикальной оси, такіа грани, числомъ восемь, образуютъ *дитетрагональную призму* $a : na : \infty c$.

Измѣняя въ выраженіи $a : na : tc$ значеніе t , при постоянномъ n , мы получаемъ рядъ пирамидъ, имѣющихъ одинаковое основное сѣченіе, но болѣе острыхъ или болѣе тупыхъ въ зависимости отъ частныхъ значеній t и по сравненію съ нѣкоторою пирамидою въ этомъ рядѣ, которую мы принимаемъ за *основную*, полагая для нея значенія $t = 1$, т. е., допуская, что параметры плоскостей ея по вертикальной оси принимаются за единицу мѣру по этой оси для всѣхъ пирамидъ съ однимъ основаніемъ; эта *основная* пирамида обозначается

$$a : na :$$

Послѣдовательно приравнивая въ знакѣ $a : na : tc$ коэффиціентъ t дробнымъ величинамъ меньшимъ единицы, получаемъ пирамиды болѣе и болѣе тупыя $a : na : \frac{3}{4} c$, $a : na : \frac{1}{2} c$, $a : na : \frac{1}{4} c$. При $t = 0$, получается одна плоскость, совпадающая съ основнымъ сѣченіемъ $a : na : 0c$, если раздѣлить всѣ члены выраженія $a : na : tc$ на t , то получается:

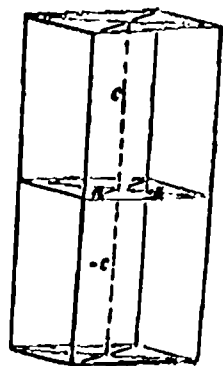
$$\frac{a}{t} : \frac{na}{t} : c, \text{ здѣсь, при } t = 0, \text{ имѣемъ}$$

$$\infty a : \infty a : c$$

это плоскость, параллельная осямъ координатъ XX' , YY' и пересекающая ось ZZ' на разстояніи c ; такъ какъ въ многогранныхъ формахъ существуетъ центръ симметріи, то мы должны допустить существованіе такой-же плоскости по другую сторону центра симметріи, на томъ-же разстояніи c , но съ обратнымъ знакомъ ($-$):

$$\infty a : \infty a : -c \text{ (фиг. 151).}$$

Объ эти плоскости параллельны основному сѣченію, которое обозначается a на $0c$; такая форма, состоящая изъ двухъ граней параллельныхъ основному сѣченію, называется основнымъ *пинакондомъ*: призма и пинакондъ формы открытыя и встрѣчаются лишь въ комбинаціяхъ между собою или съ другими формами, напр., на фиг. 150 комбинація дитетрагональной призмы и пинакоида, на фиг. 151 комбинація квадратной призмы и пинаконда (сравн. также фиг. 20 и проч.).



Фиг. 151.

Совокупность формъ, представляющихъ дитетрагональныя пирамиды болѣе и болѣе острые и, какъ предѣль ихъ, дитетрагональную призму, также дитетрагональныя пирамиды болѣе и болѣе тупыя и, какъ предѣль ихъ, основной пинакондъ, образуетъ *рядъ* дитетрагональной пирамиды:

$$\begin{array}{ccccccc} m=0 & m=1/2 & m=1 & m>1 & m=2 & m=\infty \\ a : na : 0c \dots a : na : 1/2c \dots a & na : c \dots & na : mc \dots a & na : 2c \dots a & na : \infty c. \end{array}$$

До сихъ поръ мы измѣняли въ выраженіи $a : na : mc$ лишь коэффициентъ m , предполагая n постояннымъ; въ правомъ верхнемъ октантѣ дитетрагональной пирамиды (фиг. 149а) мы имѣемъ двѣ плоскости (1) и (2), положенію которыхъ опредѣляется слѣдующимъ образомъ:

$$(1) \quad \overset{x}{a} : \overset{y}{na} : \overset{z}{mc}$$

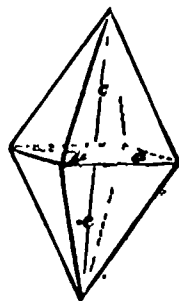
$$(2) \quad na : a : mc$$

при постепенномъ уменьшеніи значеній коэффициента n , величина поллярнаго двуграннаго угла, соотвѣтствующаго діагональному ребру пирамиды, болѣе и болѣе приближается къ 180° , при $n=1$ этотъ уголъ равенъ 180° и двѣ плоскости, расположенныя въ октантѣ, сливаются въ одну плоскость, тоже будетъ въ другихъ октантахъ, и получается форма ограниченная 8 плоскостями, параметры которыхъ a , a и mc . общее выраженіе

$$a : a : mc \text{ (фиг. 152)}$$

форма эта называется пирамидою 1-го рода.

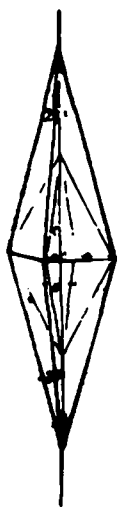
Въ рядѣ пирамидъ $a : a : mc$, при частномъ значеніи $m=1$, мы имѣемъ $a : a : c$ —основную квадратную пирамиду 1-го рода. Приравнивая m послѣдовательно величи-



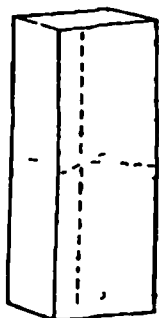
Фиг. 152.

намъ большимъ единицы, напр $\frac{3}{2}$, 2, 3... будемъ имѣть рядъ пирамидъ болѣе и болѣе острыхъ (фиг. 153); при $m = \infty$, получается квадратная призма 1-го рода (фиг. 154)

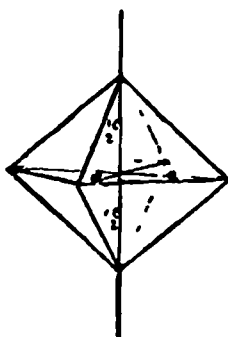
приравнивая m послѣдовательно величинамъ меньшимъ единицы, напр. $\frac{2}{3}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}$ мы получаемъ рядъ квадратныхъ пирамидъ болѣе и болѣе тупыхъ (фиг. 155a и b), при $m = 0$, получается плоскость, совпадающая съ основнымъ сѣченіемъ квадратной системы



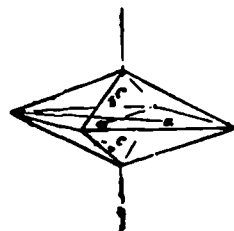
Фиг. 153.



Фиг. 154



Фиг. 155 a.



Фиг. 155 b.

раздѣливъ въ выраженіи $a : a : mc$ всѣ ве-

личины на m , получимъ

$\frac{a}{m} : \frac{a}{m} : c$ при $m = 0$, получаемъ $\infty : \infty :$ по условіямъ симметріи многогранныхъ формъ квадратной системы, мы должны допустить существованіе такой же плоскости, пересекающей вертикальную ось координатъ на разстояніи— c :

$$: \infty : -c$$

полученная форма, очевидно, по своему обозначенію и свойствамъ тождественна съ основнымъ пинакоидомъ (фиг. 151).

Совокупность формъ, представляющихъ собою квадратныя (тетрагональныя) пирамиды послѣдовательно болѣе острые и, какъ предѣлъ ихъ, квадратную (тетрагональную) призму, также пирамиды послѣдовательно болѣе тупыя и, какъ предѣлъ ихъ, основной пинакоидъ, образуетъ рядъ квадратной пирамиды 1-го рода:

$$m=0 \quad m=\frac{1}{2} \quad m=1 \quad m>1 \quad m=2 \quad m=\infty$$

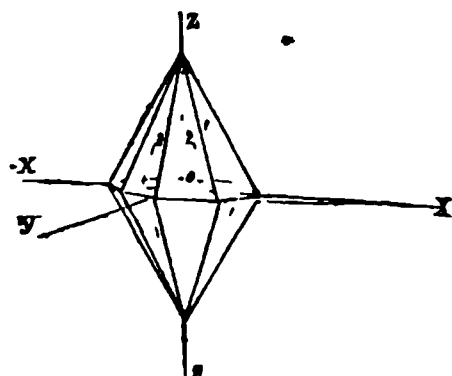
$$a : a : 0c \dots a : a : \frac{1}{2}c \dots a : a : c \dots a : a : mc \dots a : a : 2c \dots a : a : \infty c.$$

При постепенномъ увеличеніи значеній коэффиціента n въ выраженіи $a : na : mc$, уголъ, образованный плоскостями (1) и (2) въ основномъ сѣченіи (фиг. 156a):

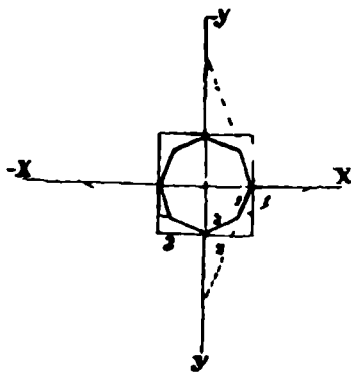
$$(1) \quad \begin{matrix} x & y \\ a & : & mc \end{matrix}$$

$$(2) \quad \dots \quad na : : mc$$

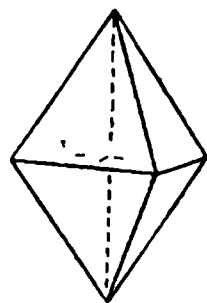
все болѣе и болѣе приближается къ 90° (фиг. 156b): съ другой стороны, уголъ, образованный плоскостью дитетрагональной пирамиды (2), расположенною въ правомъ верхнемъ октантѣ ($na : a : mc$), съ плоскостью (3), расположенною въ лѣвомъ верхнемъ октантѣ ($-na : a : mc$), все болѣе и



Фиг. 156 a.



Фиг. 156 b.



Фиг. 157.

болѣе приближается къ 180° ; при $n = \infty$, обѣ плоскости (1) $a : na : mc$ и (2) $na : a : mc$ пересекаются подъ нѣкоторымъ угломъ, а плоскости $na : a : mc$ и $-na : a : mc$ сливаются въ одну плоскость, положеніе которой опредѣляется выраженіемъ (фиг. 157 и фиг. 156b):

$$\infty a : a : mc.$$

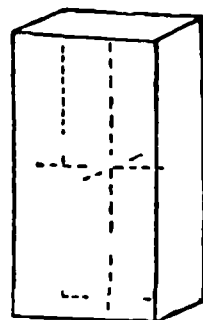
Такимъ образомъ, двѣ грани дитетрагональной пирамиды (напр. 2 и 3), расположенныя въ двухъ смежныхъ октантахъ и взаимнымъ пересѣченіемъ образующія полярное ребро въ боковомъ сѣченіи, при $n = \infty$, сливаются въ одну грань, параллельную оси, которая перпендикулярна этому боковому сѣченію. Плоскость эта, повторяясь восемь разъ, соотвѣтственно условіямъ симметріи, образуетъ квадратную (тетрагональную) пирамиду 2-го рода.

Увеличивая въ выраженіи $\infty a : a : mc$ значеніе коэффициента m послѣдовательно до ∞ , мы будемъ получать плоскости пирамидъ 2-го рода болѣе и болѣе острыхъ, напр.

$$\infty a : a : 2c, \infty a : a : 3c, \dots$$

при $m = \infty$ получается плоскость призмы 2-го рода (фиг. 158) пересекающая ось YY' на разстояніи a и параллельная осямъ XX' и ZZ' : очевидно, эта призма получается изъ пирамиды 2-го рода, какъ, напр., призма 1-го рода получается изъ пирамиды 1-го рода, $\infty a : a : \infty c$.

Послѣдовательно уменьшая значенія коэффициента m , мы будемъ имѣть пирамиды 2-го рода болѣе и болѣе тупыя и какъ предѣлъ ихъ, основное сѣченіе, при этомъ,



Фиг. 158.

какъ въ предыдущихъ случаяхъ, можно получить совокупность двухъ плоскостей параллельныхъ основному сѣченію—*основной пинакоидъ*.

$$\infty a : a : mc, \text{ при } m = 0, \infty a : a : 0c$$

или

$$\frac{\infty a}{m} : \frac{a}{m} : c, \text{ при } m = 0, \infty a : \infty a :$$

Рядъ пирамиды 2-го рода выражается слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{matrix} m=0 & m=1/2 & m=1 & m>1 & m=\infty \\ \infty a : a : 0c... & \infty a : a : 1/2c... & \infty a : a : c... & \infty a : a : mc... & \infty a : a : \infty c. \end{matrix}$$

Генетическое соотношеніе формъ квадратной системы помощью символическихъ обозначеній Наумана выражается слѣдующимъ образомъ: дитетрагональная пирамида обозначается mPn , гдѣ P начальная буква слова *Pyramide* (пирамида), m —параметръ плоскостей пирамиды по вертикальной оси, n —параметръ плоскостей по боковой оси (сравни. $a : na : mc$, $na : a : mc$):

$$\begin{array}{cccc} n=1 & n>1 & n=\infty & \\ oP.... & oP.... & oP & m=0 \\ \\ \frac{1}{2}P.... & \frac{1}{2}Pn.... & \frac{1}{2}P\infty & m<1 \\ \\ P.... & Pn & P\infty & m=1 \\ \\ mP.... & mPn... & P\infty & m>1 \\ \\ \infty P.... & \infty Pn.... & \infty P\infty & m=\infty \end{array}$$

средній вертикальный рядъ представляетъ совокупность дитетрагональных формъ; лѣвый вертикальный рядъ представляетъ совокупность тетрагональных (квадратныхъ) формъ 1-го рода; правый вертикальный рядъ представляетъ совокупность формъ 2-го рода. При $m = 1$, мы получаемъ основную пирамиду 1-го рода, умножая c , величину вертикальной оси этой пирамиды, на частныя значенія m . напр., $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 2, 4 и проч. мы имѣемъ въ комбинаціи рядъ пирамидъ, плоскости которыхъ, пересѣкаясь взаимно въ ребрахъ параллельныхъ основному сѣченію, образуютъ одну зону, при $m = \infty$ и при $m = 0$. въ эту зону входятъ призма 1-го рода и пинакоидъ; тоже справедливо, конечно, для формъ 2-го рода, и, при опредѣленномъ значеніи n , для дитетрагональных формъ. напр., при $n = 2$, всѣ формы $\frac{1}{2}P2$, $P2$, $\infty P2...$ образуютъ одну зону, соотвѣтственно частнымъ значеніямъ m для дитетрагональной пирамиды $mP2$; для уясненія значенія горизонтальныхъ рядовъ, мы обратимъ вниманіе на то, что по отношенію къ боковымъ осямъ координатъ XX' YY' и соотвѣтствующимъ плоскостямъ симметріи, плоскости формъ дп-

тетрагональных занимаютъ положеніе между плоскостями формъ 1-го и 2-го рода (сравн. фиг. 156b и фиг. 161)—особенно это ясно выражено по отношенію къ плоскостямъ призмъ, что и выражается въ послѣднемъ горизонтальномъ рядѣ, при условіи $n > 1$ и $< \infty$; вполне определенно это выражается и въ другихъ горизонтальныхъ рядахъ. исключеніе представляетъ верхній рядъ, такъ какъ въ квадратной системѣ извѣстенъ пинакоидъ лишь одного рода, *основной*, параллельный основному сѣченію системы, въ которомъ проходятъ горизонтальныя оси координатъ.

Смыслъ таблицы выяснится при разборѣ комбинацій формъ квадратной системы, мы могли бы также воспользоваться чертежомъ, какъ дѣлали это при сопоставленіи формъ кубической системы, образующихъ комбинаціи (фиг. 54): въ центрѣ треугольника помѣщаемъ знакъ дитетрагональной пирамиды $m P n$, въ вершинахъ его помѣщаемъ $0 P$, ∞P и $\infty P \infty$, лѣвая сторона соотвѣтствуетъ формамъ 1-го рода, правая—формамъ 2-го рода, нижняя—призмамъ ∞P (слѣва), $\infty P n$ (по срединѣ), $\infty P \infty$ справа; знакъ $m P$ помѣщается по срединѣ лѣвой стороны, знакъ $m P \infty$ помѣщается по срединѣ правой стороны—всѣ формы, расположенныя по одной и той сторонѣ треугольника, въ комбинаціяхъ образуютъ одну зону.

Для обозначенія формъ квадратной системы по способу Миллера, мы обратимъ вниманіе на то, что положеніе нѣкоторой плоскости дитетрагональной пирамиды можно представить при помощи отрѣзковъ, которые она дѣлаетъ на кристаллографическихъ осяхъ a , a , c ; такимъ образомъ, положеніе двухъ плоскостей въ правомъ верхнемъ октантѣ выражается

$$\frac{a}{h} : \frac{a}{k} : \frac{c}{l} \text{ и } \frac{a}{\bar{k}} : \frac{a}{\bar{h}} : \frac{c}{l},$$

такъ какъ величина осей для даннаго кристалла постоянная, то мы пользуемся индексами h , k , l и выражаемъ положеніе плоскостей *дитетрагональной пирамиды* слѣдующимъ образомъ:

правый передній лѣвый передній правый задній лѣвый задній
x y z x y z

верхніе октанты $h k l$ и $k h l$, $\bar{h} k l$ и $k \bar{h} l$, $h \bar{k} l$ и $k h \bar{l}$, $\bar{h} k \bar{l}$ и $\bar{k} h l$	
нижніе октанты $h k \bar{l}$ и $k h \bar{l}$, $\bar{h} k \bar{l}$ и $k h \bar{l}$, $h \bar{k} \bar{l}$ и $k \bar{h} \bar{l}$, $\bar{h} k l$ и $\bar{k} h \bar{l}$	
вся форма обозначается	$\{h k l\}$, напр., $\{531\}$, $h > k > l$
дитетрагональная призма	$\{h k 0\}$, напр., $\{530\}$, $l = 0$
тетрагональная пирамида 1-го рода	$\{h h l\}$, напр., $\{11 l\}$, $h = k$
тетрагональная призма 1-го рода	$\{h h 0\}$, напр., $\{110\}$, $h = k, l = 0$
тетрагональная пирамида 2-го рода	$\{h 0 l\}$, $\{10 l\}$, $k = 0$
тетрагональная призма 2-го рода	$\{h 0 0\}$, $\{100\}$, $k = l = 0$
базисъ .	$\{00 l\}$, $\{001\}$, $h = k = 0$

Мѣняя знаки у индексовъ и порядокъ ихъ расположенія, можно опредѣлять отдѣльныя плоскости въ каждой формѣ квадратной системы. какъ это имѣетъ мѣсто въ системѣ кубической; здѣсь величина кристаллографической оси c является такою-же единицею мѣры для вертикальнаго направленія въ кристаллѣ, какъ величина оси a для боковыхъ направленій, независимо отъ частнаго значенія c по отношенію къ a въ каждомъ частномъ случаѣ.

Описаніе простыхъ формъ квадратной системы.

1) Основной пинакондъ. $0P\{001\}$. Форма эта называется также базопинакондомъ, базисомъ и конечною плоскостью, она состоитъ изъ двухъ плоскостей. параллельныхъ основному сѣченію квадратной системы (фиг. 150 и 151), представляетъ собою форму открытую и можетъ существовать лишь въ комбинаціяхъ съ другими формами системы, гдѣ опредѣляется, какъ пара плоскостей перпендикулярныхъ главной кристаллографической оси.

2) Квадратная призма 1-го рода. $\infty P\{110\}$. Форма ограничена четырьмя плоскостями, которыя взаимно пересѣкаются подъ прямыми углами, образуя одну зону; всѣ ребра, очевидно, одного рода.

Ось симметріи 4-го порядка совпадаетъ съ осью зоны, образованной плоскостями призмы—она проходитъ чрезъ центръ формы параллельно плоскостямъ. Двѣ оси симметріи 2-го порядка проходятъ чрезъ центръ перпендикулярно ребрамъ призмы, другія двѣ проходятъ черезъ центръ перпендикулярно плоскостямъ призмы.

Одна плоскость симметріи перпендикулярна всѣмъ плоскостямъ призмы. Изъ четырехъ остальныхъ плоскостей симметріи,—двѣ проходятъ черезъ ребра, другія двѣ проходятъ перпендикулярно плоскостямъ призмы.

Главная кристаллографическая ось параллельно ребрамъ призмы. боковыя оси соединяють середины реберъ (фиг. 154 и 142),

3) Квадратная призма 2-го рода. $\infty P\infty\{100\}$. Форма по виду тождественна съ призмою 1-го рода—будучи отнесена къ тѣмъ-же координатнымъ осямъ, относительно которыхъ опредѣлено положеніе формъ 1-го рода, что часто бываетъ при разборѣ комбинацій, призма 2-го рода опредѣляется такъ, что боковыя кристаллографическія оси проходятъ перпендикулярно ея гранямъ (фиг. 158 и 143).

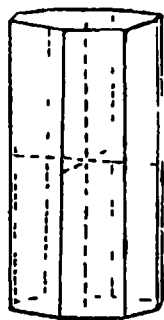
4) Дитетрагональная призма. $\infty P_n\{hk0\}$. Форма ограничена восемью плоскостями, которыя пересѣкаются въ ребрахъ взаимно параллельныхъ; ребрамъ соотвѣтствуютъ восемь двугранныхъ угловъ поперемѣнно равныхъ. такъ что, если мы пересѣкаемъ всѣ плоскости дитетрагональной призмы плоскостью имъ перпендикулярною, получается дитетрагонъ, а не правильный восьмиугольникъ: при допущеніи возможно-

сти, въ частномъ случаѣ, равенства всѣхъ угловъ у дитетрагональной призмы между собою, получалось бы значеніе параметра n по боковой оси равное $\lg 67^\circ 30'$, что соотвѣтствовало бы ирраціональному выраженію и противорѣчило бы одному изъ основныхъ началъ кристаллографическаго рациональности параметровъ граней.

Ось симметріи 4-го порядка совпадаетъ съ осью зоны, образованной плоскостями призмы—она проходитъ черезъ центръ формы параллельно плоскостямъ. Двѣ оси симметріи 2-го порядка проходятъ перпендикулярно ребрамъ призмы, соотвѣтствующимъ ея острымъ угламъ, двѣ другія оси симметріи 2-го порядка проходятъ перпендикулярно ребрамъ призмы, соотвѣтствующимъ тупымъ угламъ.

Одна плоскость симметріи направляется перпендикулярно всѣмъ плоскостямъ призмы, двѣ пары другихъ плоскостей симметріи проходятъ соотвѣтственно черезъ ребра призмы болѣе острые и болѣе тупыя.

Для опредѣленія положенія плоскостей призмы главная кристаллографическая ось совмѣщается съ вертикальною осью координатъ ZZ' , боковыя кристаллографическія оси, соотвѣтствующія осямъ XX' и YY' , проводятъ перпендикулярно ребрамъ призмы болѣе острымъ. (фиг. 159).



Фиг. 159

5) Квадратная пирамида 1-го рода. $mP \{h h l\}$. Форма ограничена восемью равнобедренными треугольниками, ребра двухъ родовъ: $4 + 8 = 12$; четыре ребра одного рода расположены въ основномъ сѣченіи пирамиды, другія ребра расположены, по четыре, въ боковыхъ сѣченіяхъ пирамиды. Углы четырехгранные двухъ родовъ: два квадратныхъ вершинные, четыре ромбическихъ, боковые, $2 + 4 = 6$.

Ось симметріи 4-го порядка проходитъ черезъ вершины квадратныхъ угловъ, двѣ оси симметріи 2-го порядка проходятъ черезъ вершины ромбическихъ угловъ, двѣ оси симметріи 2-го порядка проходятъ черезъ середины реберъ въ основномъ сѣченіи.

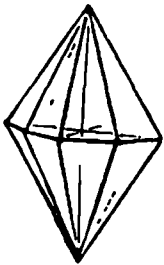
Одна плоскость симметріи проходитъ черезъ ребра въ основномъ сѣченіи, двѣ плоскости симметріи одного рода проходятъ черезъ боковыя ребра, двѣ плоскости симметріи другого рода проходятъ перпендикулярно гранямъ формы.

Для опредѣленія положенія плоскостей формы, главную кристаллографическую ось, соединяющую вершины квадратныхъ угловъ, совмѣщаютъ съ осью координатъ ZZ' , боковыя кристаллографическія оси, соединяющія вершины ромбическихъ угловъ, совмѣщаютъ съ осями координатъ XX' и YY' (фиг. 147 и 152).

6) Квадратная пирамида 2-го рода. $mP_\infty \{h 0 l\}$. Форма по виду тождественна съ пирамидою 1-го рода—будучи отнесена къ тѣмъ-же координатнымъ осямъ, относительно которыхъ опредѣлено положеніе формъ

1-го рода, что часто бывает при разборѣ комбинацій, пирамида 2-го рода опредѣляется такъ, что боковыя кристаллографическія осп соединяють въ ней середины реберъ въ основномъ сѣченіи (фиг. 157).

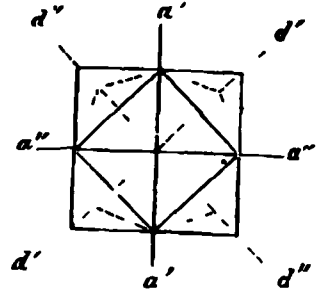
7) Дитетрагональная пирамида $mPn \{hkl\}$ (фиг. 160). Подробное описаніе этой формы сдѣлано выше, мы напомнимъ, что здѣсь, какъ и въ дитетрагональной призмѣ, ребрамъ, расположеннымъ въ сѣченіяхъ



Фиг. 160.

боковыхъ и діагональныхъ, соотвѣтствуютъ двугранные углы попеременно равные.

Всѣ пирамиды формы закрытыя и могутъ встрѣчаться въ видѣ отдѣльныхъ кристалловъ, всѣ призмы и пинаконды, какъ мы видѣли, будучи формами открытыми, могутъ встрѣчаться лишь въ

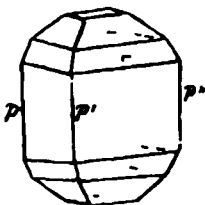


Фиг. 161

комбинаціяхъ.

Для разсмотрѣнія взаимнаго положенія плоскостей формъ 1-го и 2-го рода, также дитетрагональныхъ, можетъ служить чертежъ (фиг. 161), соотвѣтствующій основному сѣченію системы, такъ что боковыя кристаллографическія оси, $a' a'$ и $a'' a''$, совпадаютъ съ боковыми осями координатъ XX' и YY' , линіи $d' d'$ и $d'' d''$, дѣлящія пополамъ углы между осями $a' a'$ и $a'' a''$, называются діагональными осями, пользоваться ими въ частныхъ случаяхъ удобно, но особаго значенія онѣ не имѣютъ.

Сравнивая фигуру 161 съ фигурою 156b, также сопоставляя взаимное положеніе, напр., призмы 1-го рода (фиг. 154), призмы 2-го рода (фиг. 158) и призмы дитетрагональной (фиг. 159), при отнесеніи ихъ къ одной и той-же системѣ координатныхъ осей, мы видимъ, что грани призмы 1-го рода должны быть перпендикулярны діагональнымъ осямъ ($d' d'$ и $d'' d''$ на фиг. 161), грани призмы 2-го рода перпендикулярны боковымъ осямъ ($a' a'$ и $a'' a''$ на фиг. 161): очевидно, если, на фиг. 161, вписанный квадратъ соотвѣтствуетъ призмѣ 1-го рода, описанный квадратъ соотвѣтствуетъ призмѣ 2-го рода, линіи пунктирныя соотвѣтствуютъ дитетрагональной призмѣ; то же относится и къ пирамидамъ дитетрагональнымъ, 1-го рода и 2-го рода. По отношенію къ боковымъ



Фиг. 162.

сѣченіямъ кристалла, грани формъ 2-го рода расположены перпендикулярно, точно также, какъ грани формъ 1-го рода располагаются перпендикулярно сѣченіямъ діагональнымъ.

На фиг. 162 изображена комбинація формъ, принадлежащихъ одному ряду: если мы проведемъ боковыя оси чрезъ середины реберъ p, p', p'' , то форма p, p', p'' будетъ призмою 1-го рода, остальные формы представляютъ собою пира-

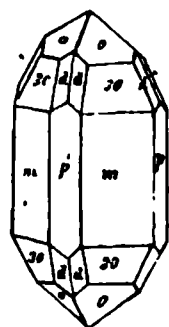
миды 1-го рода и пинакоидъ; такъ какъ мы имѣемъ формы одного вертикальнаго ряда, напр., ∞P , P , mP ($m < 1$) и $0P$, то грани ихъ пересѣкаются въ ребрахъ параллельныхъ между собою — онѣ образуютъ одну зону, ось которой проходитъ чрезъ центръ кристалла въ основномъ сѣченіи.

Точно также плоскости призмъ (см. фиг. 161) ∞P , ∞Pn , $\infty P\infty$, какъ формъ одного горизонтальнаго ряда, образуютъ одну зону, ось ея совпадаетъ съ направлениемъ главной оси системы. Взаимное положеніе плоскостей различныхъ формъ квадратной системы, отнесенныхъ къ однѣмъ и тѣмъ-же осямъ координатъ, будетъ ясно изъ разбора комбинацій.

Комбинаціи.

При разборѣ какой-нибудь комбинаціи квадратной системы, мы выберемъ одну изъ ея формъ за *основную форму*, для опредѣленія относительной величины ея кристаллографическихъ осей, — выборъ основной формы въ комбинаціи совершенно произволенъ, но сдѣлавъ его, и опредѣливъ оси этой формы по величинѣ и положенію, мы должны разсматривать всѣ остальные формы, входящія въ комбинацію, въ зависимости отъ формы, выбранной за основную.

Въ комбинаціи, наблюдаемой на цирконтѣ, напр., (фиг. 163), мы, разсматривая m , какъ призму перваго рода, тѣмъ самымъ обуславливаемъ опредѣленіе плоскостей O и $3O$, какъ принадлежащихъ пирамидамъ 1-го рода, такъ какъ онѣ, пересѣкая всѣ три координатныя оси, положеніе которыхъ опредѣляется въ зависимости отъ положенія призмы 1-го рода (m), находятся съ нею въ одной зонѣ; p будутъ плоскости призмы 2-го рода; d — плоскости пирамиды дигетрагональной, въ чемъ легко убѣдиться, опредѣляя число этихъ плоскостей и, какъ увидимъ далѣе, разсматривая ихъ положеніе относительно формъ 1-го и 2-го рода.



Фиг. 163.

Выдѣлимъ изъ комбинаціи пирамиду 1-го рода O , опредѣливъ величину двугранныхъ угловъ ея помощью *гонометра*, описаніе котораго будетъ дано впослѣдствіи, мы вычислимъ относительную длину кристаллографическихъ осей боковыхъ (a) и главной (c) — для основной пирамиды циркона, получается слѣдующее отношеніе:

$$a : a : c = 1 : 1 : 0.6404$$

мы замѣтимъ здѣсь, что вообще, когда оси въ кристаллѣ не равны между собою, отношенія между тѣми, которыя принимаются за единицу, въ данномъ случаѣ $a=1$, и другими, выражается сложными ирраціональными величинами, въ данномъ случаѣ $\frac{c}{a} = 0.6404 \dots$; *параметры* плоскостей

и въ этихъ случаяхъ выражаются величинами простыми, рациональными, или отношеніями такихъ величинъ между собою, напр.:

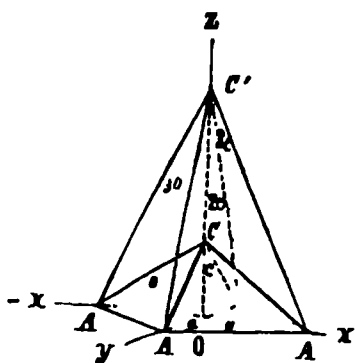
$$:na:mc = a:2a:4c, a:n'a:m'c = a:\frac{3}{2}:5c$$

обыкновенно пишутъ прямо $1 \quad 2:4, 1:\frac{3}{2} \quad 5$, такъ какъ значенія a и c опредѣляются для формъ даннаго минерала разъ навсегда.

Выдѣлимъ затѣмъ пирамиду $3o$ и опредѣлимъ длину ея кристаллографическихъ осей; принимая длину осей a за единицу, мы получимъ для осей пирамиды, $3o$ слѣдующее соотношеніе:

$$1:1:3 \times 0.6404;$$

если мы отнесемъ обѣ пирамиды къ одному основанію, то первая (o) помѣстится внутри второй ($3o$) (фиг. 164), и если затѣмъ единицею



Фиг. 164.

мѣры по вертикальной оси принимаемъ $OC = \pm 0.6404$, главную кристаллографическую ось въ пирамидѣ принятой за основную a : $a:c$, то для другой пирамиды будемъ имѣть $a:a:mc$, причемъ $mc = OC' = 3 \times 0.6404$. слѣдовательно, $m=3$ и знакъ пирамиды $3o$ будетъ $a:a:3c$.

Конечно, за основную форму можно выбрать пирамиду болѣе острую, $3o$, тогда, мы имѣли-бы въ ней оси $a:a:c=1 \quad 1 \quad 1,9212$ (потому что $OC' = 0.6404 \times 3 = 1,9212$), и пирамиду o выражали бы знакомъ $a:a:$

$\frac{1}{3}c$, рассматривая ее, какъ форму болѣе тупую.

Такимъ образомъ, придерживаясь постановки кристалла, первоначально выбранной, мы опредѣлили въ немъ формы:

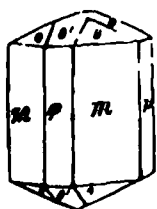
$m = a:a:\infty c$, это призма 1-го рода $\infty P\{110\}$;

$o = a:a:c$, пирамида 1-го рода основная $P\{111\}$;

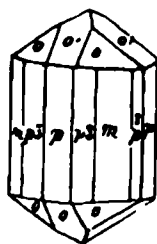
$p = a:\infty a:\infty c$, призма 2-го рода $\infty P\infty\{100\}$;

$3o = a:a:3c$, пирамида 1-го рода острѣйшая $3P\{331\}$;

если-бы въ эту комбинацію входили пирамиды 2-го рода, то онѣ находились бы въ одной зонѣ съ призмою 2-го рода p , какъ это видно на



Фиг. 165.



Фиг. 166.

фиг. 165, гдѣ m —призма 1-го рода, o —пирамида 1-го рода, p —призма 2-го рода, o' —пирамида 2-го рода; если-бы въ эту комбинацію входили дитетрагональныя призмы, онѣ находились бы между плоскостями призмы 1-го и 2-го рода, притупляя ихъ комбинаціонныя ребра, какъ это видно на фиг. 166,

гдѣ m — призма 1-го рода, o — пирамида 1-го рода, p — призма 2-го рода, o' — пирамида 2-го рода, $p3$ — призма дитетрагональная,] для насъ становится яснымъ, что форма d (фиг. 163) должна находиться въ одной зонѣ съ нѣкоторою дитетрагональною призмою ∞Pn , слѣдовательно, она дитетрагональная пирамида $mPn \{hkl\}$. пользуясь уравненіемъ зонъ (стр. 20), мы можемъ вычислить m и n — h , k и l .

Въ самомъ дѣлѣ, если мы замѣтимъ, что въ комбинаціи (фиг. 163) плоскости $3o$, d , d , $3o$ находятся въ одной зонѣ, то, имѣя $3o = 3P \{321\}$, составляемъ для двухъ верхнихъ плоскостей пирамиды $3o$, правой (331) и лѣвой $(\bar{3}31)$, и для правой верхней плоскости $d(hkl)$ слѣдующее выраженіе:

$$\begin{array}{r|rrrr} 3 & 3 & 1 & 3 & 3 & | & 1 \\ & \times & \times & \times & & & \\ \hline \bar{3} & 3 & 1 & 3 & 3 & | & 1 \\ \hline (3-3) & (3-3) & (9-\bar{9}) & & & & \end{array}$$

$$h(3-3) + k(\bar{3}-3) + l(9-\bar{9}) = 0$$

и

$$\text{отсюда } -6k + 18l = 0 \text{ и } k = 3l$$

полагая $l=1$, мы имѣемъ для $d(h31)$, то есть $3Pn$, такъ какъ для опредѣленія h или n условій недостаточно; если мы допустимъ, что d находится также въ одной зонѣ съ дитетрагональною призмою $p3$ (фиг. 166), которая опредѣлена и выражается $\infty P3 \{130\}$, h опредѣляется

$$\begin{array}{r|rrrr} 1 & 3 & 0 & 1 & 3 & | & 0 \\ & \times & \times & \times & & & \\ h & 3 & 1 & h & 3 & | & 1 \\ \hline (3-0) & (0-1) & (3-3h) & & & & \end{array}$$

умножаемъ скобки соотвѣтственно на индексы правой нижней плоскости $d(h3\bar{1})$, находящейся въ одной зонѣ съ двумя предыдущими плоскостями, складываемъ произведенія и сумму приравниваемъ нулю:

$$h(3-0) + 3(0-1) - 1(3-3h) = 0$$

отсюда

$$3h - 3 - 3 + 3h = 0, h = 1$$

слѣдовательно, $d(131)$ принадлежитъ дитригональной пирамидѣ $3P3$.

Разсматривая, для частнаго значенія $m=3$, горизонтальный рядъ (стр. 76) mPn , мы видимъ, что $3P$, $3Pn$, $3P\infty$ — пирамида 1-го рода, пирамида дитетрагональная и пирамида 2-го рода должны находиться въ одной зонѣ, независимо отъ значенія n ; это n опредѣляется, если извѣстенъ вертикальный рядъ разсматриваемой формы — въ данномъ случаѣ ей соотвѣтствуетъ вертикальный рядъ призмы $\infty P3$.

Фиг. 167 представляет комбинацию пирамиды 1-го рода o съ призмой 2-го рода p , если же рассматривать p , какъ призму 1-го рода, o будетъ, очевидно, пирамида 2-го рода.

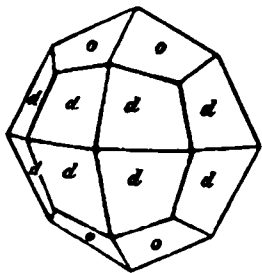
Фиг. 168 представляет комбинацию основной пирамиды 1-го рода o съ острѣйшею дитетрагональною пирамидою d .

Геміэдриа квадратной системы.

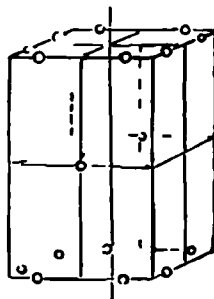
Для изучения возможныхъ случаевъ геміэдриа въ квадратной системѣ, также какъ въ системѣ кубической, беремъ самую сложную форму системы, дитетрагональную пирамиду, и рассматриваемъ на ней возможные случаи закономѣрнаго исчезанія отдѣльныхъ плоскостей и группъ плоскостей. Чтобы легче представить, какъ долженъ измѣняться характеръ симметріи въ различныхъ случаяхъ геміэдриа, мы,



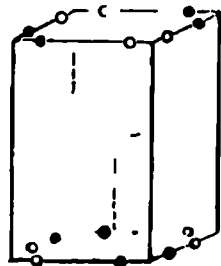
Фиг. 167.



Фиг. 168



Фиг. 169.



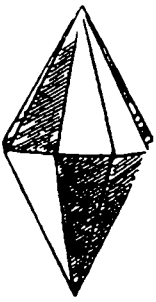
Фиг. 170

вмѣстѣ съ изображеніемъ дитетрагональной пирамиды (фиг. 148с), будемъ рассматривать схематическій рисунокъ (фиг. 169), выражающій полную симметрію квадратной системы, такъ какъ на немъ расположеніе кружковъ около угловъ квадратной призмы соотвѣтствуетъ расположенію граней дитетрагональной пирамиды, по двѣ въ каждомъ октантѣ прямоугольныхъ осей координатъ.

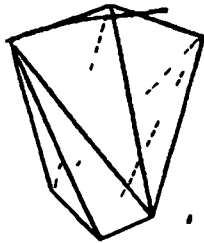
Въ дитетрагональной пирамидѣ исчезаютъ пары плоскостей, расположенныя въ поперемѣнныхъ октантахъ (фиг. 171), на схематическомъ рисункѣ (фиг. 170) это выражается уничтоженіемъ пары кружковъ, расположенныхъ у поперемѣнныхъ угловъ. На схематическомъ рисункѣ ясно видно, что ось симметріи 4-го порядка дѣлается при этомъ осью 2-го порядка, оси симметріи 2-го порядка, соотвѣтствующія боковымъ кристаллографическимъ осямъ, остаются, но оси 2-го порядка, соотвѣтствующія диагональнымъ осямъ, исчезаютъ. Геміэдриа эта называется скаленоэдрическою (или сфеноидическою), она аналогична тетраэдрической геміэдриа въ кубической системѣ. Изъ дитетрагональной пирамиды по этому способу геміэдриа случаются двѣ формы, въ зависимости отъ того, какія плоскости въ ней развиваются (фиг. 171) бѣлыя или заштрихованныя — онѣ совмѣстимы, такъ какъ, при поворотѣ около вертикальной оси на

90° дитетрагональной пирамиды или призмы съ кружками, части оставленные занимают мѣста частей уничтоженных и наоборотъ (фиг. 172).

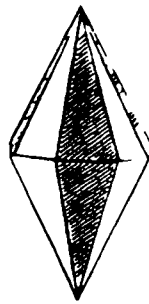
Получаемыя такимъ образомъ геміэдрическія формы ограничены восемью неравносторонними треугольниками (скалена), ребра трехъ родовъ $4 + 4 + 4 = 12$. въ срединахъ четырехъ среднихъ реберъ, расположенныхъ симметрично, выходятъ по общеупотребительной постановкѣ, боковые оси квадратной системы. другія двѣ пары реберъ короткихъ и длинныхъ, опредѣляютъ положеніе плоскостей симметріи геміэдрической формы. углы двухъ родовъ: два четырехгранные ромбические угла получаются въ мѣстахъ непосредственной встрѣчи остающихся паръ плоско-



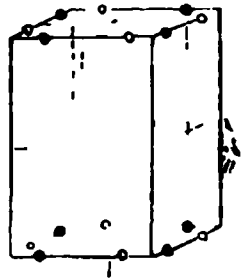
Фиг. 171.



Фиг. 172.



Фиг. 173.



Фиг. 174.

стей при ихъ развитіи, въ вершинахъ этихъ угловъ проходитъ главная кристаллографическая ось и совпадающая съ нею по направленію ось симметріи 2-го порядка, ранѣе бывшая ось 4-го порядка. два четырехгранные неправильные угла вновь образуются надъ исчезающими октантами, какъ результатъ взаимнаго пересѣченія остающихся граней дитетрагональной пирамиды, при ихъ развитіи на счетъ граней исчезающихъ. Центръ симметріи исчезаетъ, а равно и главная плоскость симметріи, очевидно, должны исчезнуть и тѣ двѣ плоскости симметріи, которыя въ полногранной формѣ проходятъ между октантами. Знакъ скаленоздровъ:

$$\frac{m P n}{2} \text{ или } \times \{h k l\}, - \frac{m P n}{2} \text{ и } \times \{h k \bar{l}\}.$$

2) Въ дитетрагональной пирамидѣ исчезаютъ и развиваются попеременно пары плоскостей, сходящіяся въ основномъ сѣченіи, въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 173 и на схематическомъ рисункѣ (фиг. 174). При этомъ могутъ развиваться отдѣльно незаштрихованныя плоскости (фиг. 173) или-же заштрихованныя, образуются формы, очевидно, совѣстимыя.

Симметрія системы измѣняется такимъ образомъ, что остаются лишь центръ, ось 4-го порядка и главная плоскость симметріи. Изъ дитетрагональной пирамиды получаютъ двѣ формы по внѣшности тождественныя съ тетрагональными 1-го и 2-го рода: геміэдрія называется пирамидалною, по своему характеру ее можно сравить съ додекаэдрическою

геміэдрією кубической системы, такъ какъ въ обѣихъ случаяхъ получаются формы съ гранями взаимно параллельными.

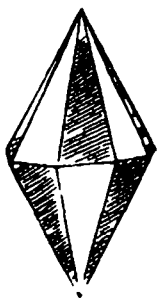
Знакъ получаемыхъ по этому способу геміэдриі тетрагональных пирамидъ 3-го рода

$$\left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{k h l\}, — \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{h k l\}.$$

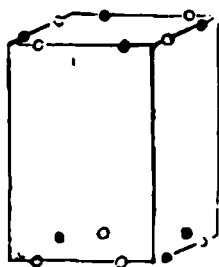
Относя плоскости пирамидъ къ осямъ координатъ общимъ для полногранныхъ формъ, мы видимъ, что главная кристаллографическая ось, совпадающая по направленію съ осью ZZ' , соединяетъ вершины четырехгранныхъ угловъ квадратныхъ; боковыя кристаллографическія оси, соотвѣтствующія осямъ XX' и YY' проходятъ чрезъ ребра основнаго сѣченія, косвенно, раздѣляя ихъ при этомъ на двѣ неравныя части (сравн. фиг. 161 и фиг. 169, стр. 90).

3) Въ дитетрагональной пирамидѣ исчезаютъ и развиваются пары плоскостей въ слѣдующемъ порядкѣ: изъ четырехъ плоскостей, сходящихся у боковой оси дитетрагональной пирамиды, исчезаетъ *правая верхняя* плоскость съ *лѣвою нижнею* плоскостью, слѣдовательно, развивается *лѣвая верхняя* плоскость съ *правою нижнею* плоскостью, или наоборотъ.

Порядокъ исчезанія и развитія граней въ дитетрагональной пирамидѣ указанъ на фиг. 175а и на схематическомъ рисункѣ. Внимательно разсматривая схематическій рисунокъ (фиг. 175б), мы видимъ, что харак-



Фиг. 175 а.



Фиг. 175 б.

теръ симметріи квадратной системы измѣняется слѣдующимъ образомъ: исчезаютъ центръ симметріи и всѣ плоскости симметріи, остаются всѣ оси симметріи.

Изъ дитетрагональной пирамиды получаютъ двѣ формы взаимно не совмѣстимыя и относящіяся одна къ другой, какъ правая рука къ лѣвой или, какъ изображеніе несимметрическаго предмета въ зеркалѣ къ самому предмету. Онѣ ограничены 8 трапецоидами,

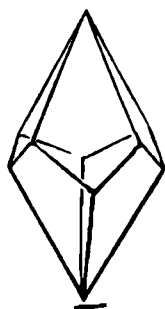
грани пересѣкаются въ ребрахъ троякаго рода: 4 полярныя верхнія и 4 нижнія ребра всѣ одинаковой длины; 4 среднія длинныя ребра соотвѣтствуютъ болѣе тупымъ двуграннымъ угламъ; 4 среднія короткія ребра соотвѣтствуютъ двуграннымъ угламъ менѣе тупымъ—ребра эти расположены зизгазомъ. Два вершинные угла четырехгранные квадратные, 8 трехгранныхъ неправильныхъ угловъ въ среднихъ ребрахъ.

Геміэдриа эта называется трапецоэдрическою или платіэдрическою, она аналогична гироэдрической геміэдриі кубической системы (фиг. 176а и б).

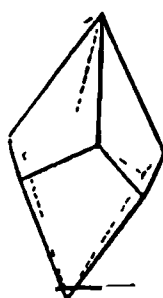
Знакъ получаемыхъ изъ дитетрагональной пирамиды двухъ трапецоэдровъ:

$$\text{пр. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \tau \{hkl\} \text{ и лѣв. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \tau \{hkl\}$$

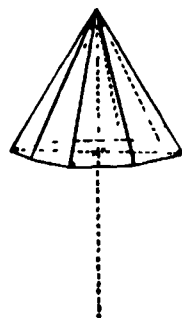
прав. и *лѣв.*, сокращенія словъ *правый* и *лѣвый*, указываютъ на порядокъ расположенія остающихся, при геміэдріи, граней дитетрагональной пирамиды, по отношенію къ направленной къ наблюдателю боковой кристаллографической плоскости (или боковой плоскости симметріи) ZOY (фиг. 156a): грани правая верхняя (2) и ей соотвѣтствующія даютъ *правый* трапецоэдръ: грань лѣвая верхняя (3) и ей соотвѣтствующія даютъ *лѣвый* трапецоэдръ (сравн. также фиг. 175a).



Фиг. 176 a.



Фиг. 176 b.



Фиг. 177.

4) Въ дитетрагональной пирамидѣ исчезаютъ всѣ нижнія плоскости или же всѣ верхнія плоскости ограниченія, такая геміэдрія приурочивается къ главной плоскости симметріи и называется *гемиморфизмомъ*; такъ какъ при этомъ дитетрагональная пирамида, какъ бы раздѣляется на двѣ половины, верхнюю и нижнюю, которыя, будучи формами открытыми, существуютъ лишь въ комбинаціяхъ. Каждая изъ такихъ гемиморфныхъ пирамидъ, очевидно, не имѣетъ центра симметріи, главной плоскости симметріи и осей симметріи 2-го порядка, остается ось 4-го порядка, двѣ плоскости симметріи боковыя и двѣ діагональныя; оси кристаллографическія располагаются относительно граней также, какъ въ формѣ полногранной (фиг. 177).

Формы *верхняя* и *нижняя* имѣютъ слѣдующіе знаки:

$$\text{верх. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha \{hkl\} \text{ и нижн. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha \{h\bar{k}l\}$$

гемиморфизмъ называется также *антигеміэдриею*.

Переходя къ описанію геміэдрическихъ формъ, которыя получаютъ изъ различныхъ полногранныхъ формъ квадратной системы, мы напоминаемъ общее правило, для всѣхъ геміэдрическихъ образованій, приведенное нами выше: если въ формѣ полногранной, которая подвергается геміэдріи по даняому типу, при этомъ исчезаютъ и развиваются отдѣльныя грани или группы граней, то получаемая геміэдрическая форма отличается по внѣшнему виду отъ соотвѣтствующей полногранной формы, если же въ формѣ, подвергающейся геміэдріи, исчезаютъ и развиваются части граней, то получаемая геміэдрическая форма, по внѣшности, но отличается отъ соотвѣтствующей полногранной.

Геміэдрія скаленоэдрическая.

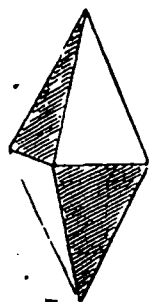
По сравненію съ симметрією многогранныхъ формъ

$$C, \Delta^4, 2L^3, 2L^2, \Pi, 2P, 2P'$$

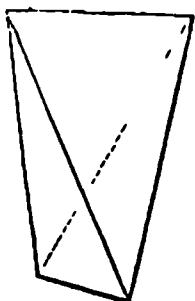
симметрія скаленоэдрической геміэдріи выражается

$$OC, \Delta^3, 2L^2, 0L^1, 0\Pi, 0P, 2P'.$$

Тетрагональная пирамида 1-го рода. Въ формѣ этой, по скаленоэдрической геміэдріи, должны исчезать и развиваться отдѣльныя плоскости, попеременно расположенныя, такъ какъ каждому октанту тетрагональной пирамиды соотвѣтствуетъ одна плоскость (фиг. 178). Такимъ образомъ получаютъ два тетрагональные сфеноида (фиг. 179), формы, очевидно совмѣстимыя:



Фиг. 178.

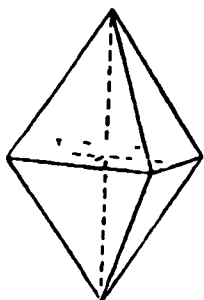


Фиг. 179.

$$\frac{mP}{2} \text{ или } x \{hkl\} \text{ и } -\frac{mP}{2} \text{ или } x \{h\bar{h}l\}.$$

Тетрагональный сфеноидъ ограниченъ четырьмя равнобедренными треугольниками, ребра двоякаго рода: 4 ребра, расположенныя зигзагомъ, какъ у скаленоэдра; 2 ребра, расположенныя горизонтально по направленіямъ взаимно перпендикулярнымъ, по положенію соотвѣтствуютъ ромбическимъ угламъ скаленоэдра.—Двѣ плоскости симметріи проходятъ перпендикулярно гранямъ, чрезъ горизонтальныя ребра; ось симметріи 2-го порядка, бывшая ось 4-го порядка многогранныхъ формъ, проходитъ середины горизонтальныхъ реберъ; оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ, расположенныхъ зигзагомъ.—Главная кристаллографическая ось соединяетъ середины горизонтальныхъ реберъ, боковыя кристаллографическія оси соединяютъ середины реберъ, расположенныхъ зигзагомъ.

Тетрагональная пирамида 2-го рода. Въ этой формѣ, по скаленоэдрической геміэдріи, должны исчезать и развиваться до взаимнаго пересѣченія части плоскостей (фиг. 180, сравн. съ фиг. 197а), по своему положенію соотвѣтствующія попеременно расположеннымъ октантамъ, такъ какъ каждому октанту въ пирамидѣ 2-го рода соотвѣтствуетъ полярное ребро. Слѣдовательно, пирамида 2-го рода не измѣняетъ наружнаго вида.



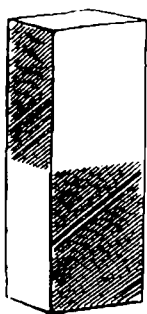
Фиг. 180.

Тетрагональная призма 1-го рода. Въ формѣ этой, по скаленоэдрической геміэдріи, должны исчезать и развиваться части плоскостей, по положенію соотвѣтствующія попеременно расположеннымъ октантамъ (фиг. 181), очевидно, тетрагональная призма 1-го рода наружнаго вида не измѣняетъ.

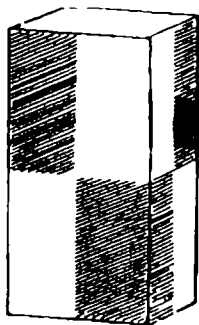
Тетрагональная призма 2-го рода также не изменяет наружного вида, подобно обѣмъ предыдущимъ формамъ (фиг. 182).

Основной пинакоидъ. Каждая плоскость пинакоида, верхняя и нижняя, могутъ быть раздѣлены на четыре части, соответственно четыремъ верхнимъ и четыремъ нижнимъ октантамъ дитетрагональной пирамиды; очевидно, если половина этихъ частей въ каждой плоскости пинакоида развивается на счетъ другой половины, получаются обѣ грани въ своемъ первоначальномъ видѣ.

§ Дитетрагональная пирамида. Форма эта, подвергаясь скаленоэдрической геміэдріи, образуетъ два тетрагональные скаленоэдра (фиг. 172), —описание наружного вида и кристаллографическихъ свойствъ ихъ сдѣлано выше.



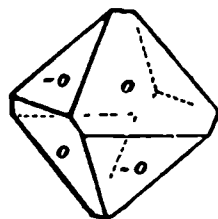
Фиг. 181.



Фиг. 182.



Фиг. 183.



Фиг. 184.

7 Дитетрагональная призма (фиг. 183), подвергаясь геміэдріи, очевидно, не изменяетъ наружного вида.

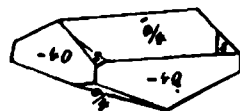
При разборѣ комбинаціонныхъ формъ, принадлежащихъ къ разсматриваемой геміэдріи, опредѣливъ элементы симметріи, проводятъ оси координатъ, при чемъ ось ZZ' совмѣщаютъ, по направленію, съ осью 2-го порядка, бывшаго 4-го порядка, она опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія двухъ плоскостей симметріи; оси координатъ XX' и YY' , проводятъ по направленію боковыхъ осей симметріи 2-го порядка; къ этимъ осямъ координатъ относятъ плоскости, ограничивающія кристаллъ, и опредѣляютъ, такимъ образомъ, отдѣльныя формы, вступающія въ комбинацію. Мы приведемъ нѣкоторые типичные примѣры.

Фиг. 184 представляетъ комбинацію двухъ сфеноидовъ положительнаго (o) и отрицательнаго ($-o$): опредѣливъ оси координатъ, мы опредѣляемъ затѣмъ положеніе плоскостей пирамидальнаго характера, но, по развитію, опредѣляющихъ форму, симметрія которой соответствуетъ сфеноидической геміэдріи.

Фиг. 185 представляетъ комбинацію сфеноидовъ

$$(-4O) = -\frac{1}{2}P \{441\} \text{ и } \frac{O}{4} = \frac{1}{2}P \{114\}$$

$$\text{со скаленоэдромъ } (S) = 2P \frac{16}{3} \{8 \cdot 3 \cdot 16\}.$$

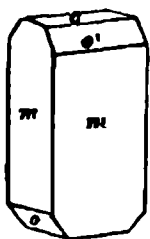


Фиг. 185.

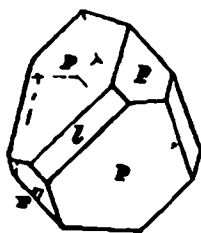
Фиг. 186. комбинация призмы 1-го рода $m = \infty P \{110\}$, сфеноида $o = \frac{P}{2} \{111\}$ и пинакоида $c = oP \{001\}$

Фиг 187 представляет комбинацию сфеноида положительного (P') со сфеноидом отрицательным (P) и призмы 2-го рода (L)

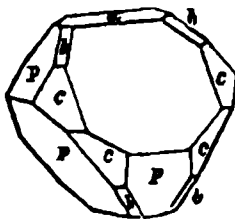
$$\frac{P}{2} \{111\} - \frac{P}{2} \{1\bar{1}\bar{1}\} \text{ и } \infty P \infty \{100\},$$



Фиг. 186



Фиг. 187



Фиг. 188

эта комбинация начинается комбинацию двухъ тетраэдровъ и куба въ системѣ кубической, что и естественно по свойствамъ формъ, входящихъ въ комбинацію сходство

было бы еще полнѣе, еслибы реора сфеноида, верхнее и нижнее, были притуплены гранями пинакоида

Фиг 188 комбинация сфеноидовъ положительного (P) съ отрицательнымъ (P'), какъ въ предыдущемъ примѣрѣ, кромѣ того плоскости $b = P \infty \{101\}$ пирамиды 2-го рода, $c = 2P \infty \{201\}$ пирамиды 2-го рода боѣе острой, $a = oP \{001\}$ пинакоида. Плоскости c по положению и по числу напоминаютъ грани скаленоэдра, но онѣ несомнѣнно принадлежатъ пирамидѣ 2-го рода, такъ какъ находятся въ одной зонѣ съ пинакоидомъ (a) и основною пирамидою 2-го рода (b)

Геміэдриа пирамидальная

По сравненію съ симметриею многогранныхъ формъ

$$C, \Delta^4, 2L^2, 2L^2, П, 2P, 2P'$$

симметрия пирамидальной геміэдри выражается

$$C, \Delta^4, 0L^2, 0L^2, П, 0P, 0P'.$$

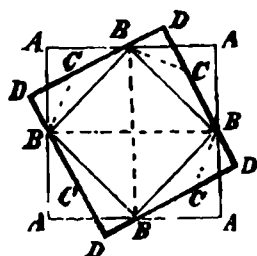
Тетрагональная пирамида 1-го рода Форма эта, подвергаясь пирамидальной геміэдри, своего наружнаго вида не измѣняетъ, такъ какъ парамъ плоскостей дитетрагональной пирамиды, пересекающимся въ ребрахъ основнаго сѣченія, здѣсь соответствуютъ половины плоскостей, ограничивающихъ форму

Тоже мы должны сказать относительно пирамиды 2-го рода, призмы 1-го рода, призмы 2-го рода, основнаго пинакоида — всѣ эти формы не измѣняютъ наружнаго вида, подвергаясь пирамидальной геміэдри, такъ какъ въ нихъ при этомъ, исчезаютъ и развиваются до взаимнаго пересѣченія части граней.

Дитетрагональная пирамида Форма эта, подвергаясь пирамидаль

ной геміэдріи, дасть двѣ квадратныя пирамиды 3-го рода, подробное описаніе которыхъ дано выше. На фиг. 189 показано взаимное положеніе въ комбинаціяхъ формъ 1-го, 2-го и 3-го рода, также положеніе боковыхъ кристаллографическихъ осей, въ основномъ сѣченіи, относительно реберъ пирамиды 3-го рода. $B B B B$ представляетъ основное сѣченіе формы 1-го рода, $A A A A$ —основное сѣченіе формы 2-го рода, $D D D D$ —основное сѣченіе формы 3-го рода, BC, BC, BC, BC —основное сѣченіе дитетрагональной формы, изъ которой развивается форма 3-го рода; крупнымъ пунктиромъ показаны боковыя кристаллографическія оси.

Дитетрагональная призма. Въ этой формѣ, по пирамидальной геміэдріи, исчезаютъ и развиваются отдѣльныя плоскости ограниченія, попеременно расположенныя, такъ какъ каждая грань дитетрагональной призмы, по положенію, соответствуетъ парѣ граней дитетрагональной пирамиды, пересѣкающихся въ ребрахъ основного сѣченія. Остающіяся грани дитетрагональной призмы, развиваясь до взаимнаго пересѣченія, образуютъ квадратную призму 3-го рода, которая отличается отъ призмъ 3-го рода лишь положеніемъ въ комбинаціяхъ, такъ какъ боковыя кристаллографическія оси выходятъ въ основномъ сѣченіи призмы 3-го рода несимметрично, относительно ея реберъ, что видно на фиг. 189.



Фиг. 189.

Знакъ призмъ 3-го рода

$$\left[\frac{\infty Pn}{2} \right] \text{ или } \pi \{k h 0\} \text{ и } - \left[\frac{\infty Pn}{2} \right] \text{ и } \pi \{h k 0\}.$$

Формы третьяго рода обозначаютъ также слѣдующимъ образомъ: пр. $\frac{m Pn}{2}$ и лѣв. $\frac{m Pn}{2}$, пр. $\frac{\infty Pn}{2}$ и лѣв. $\frac{\infty Pn}{2}$; въ самомъ дѣлѣ, если допустить, что на фигурѣ 189 изображена въ планѣ форма, которая развивается изъ плоскости BC , расположенной *вправо* отъ сѣченія BB , направленного къ наблюдателю, то, очевидно, повернувъ эту форму на 180° около оси BB , параллельной наблюдателю, мы получаемъ форму, которая соответствуетъ *левой* плоскости BC и наоборотъ.

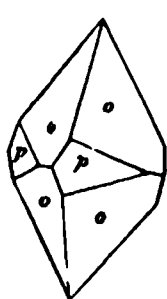
При разборѣ комбинаціонныхъ формъ, принадлежащихъ къ этой геміэдріи, опредѣливъ элементы симметріи, проводятъ оси координатъ, при чемъ вертикальная ось ZZ' совмѣщается по направленію съ осью симметріи 4-го порядка, боковыя оси XX' и YY' проходятъ чрезъ основное сѣченіе не симметрично къ гранямъ или ребрамъ формъ, удобнѣе онѣ опредѣляются въ формахъ 1-го или 2-го рода, вступающихъ въ комбинацію съ формами 3-го рода, такъ какъ эти оси въ формахъ 1-го

и 2-го рода располагаются вполне симметрично относительно элементов ограничена, граней и реберъ.

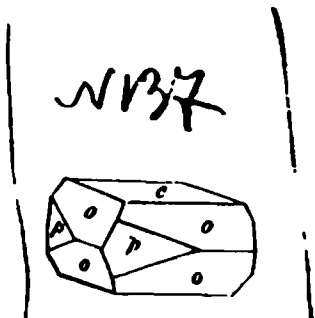
Фиг. 190 представляет комбинацію квадратной пирамиды (o) и квадратной призмы (p), если мы проведемъ боковыя оси такъ, чтобъ пирамида была формою 1-го рода, то оси эти выйдутъ не симметрично въ плоскостяхъ призмы (p), которая будетъ, такимъ образомъ, формою 3-го рода.

Очевидно точно также, мы могли бы разсматривать призму (p), какъ форму 1-го рода, тогда пирамида (o) была бы формою 3-го рода.

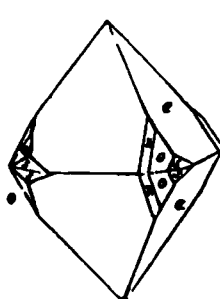
Фиг. 191 представляетъ предыдущую комбинацію съ основнымъ пинакOIDомъ (c).



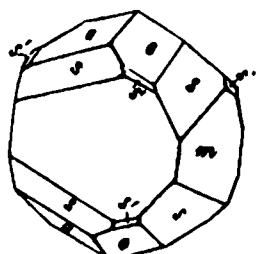
Фиг. 190.



Фиг. 191.



Фиг. 192.



Фиг. 193.

Фиг. 192. Здѣсь обыкновенно за основную пирамиду 1-го рода принимаютъ (o), тогда (e) будетъ пирамидою 2-го рода $P_{\infty} \{101\}$, (s) и (h) пирамиды 3-го рода: $\frac{\text{пр. } 3P3}{\text{лѣв. } 2} \{131\} = s$, $\frac{\text{лѣв. } P3}{\text{пр. } 2} \{313\} = h$.

Фиг. 193. Здѣсь за основную пирамиду 1-го рода выбираютъ (o), тогда боковыя кристаллографическія оси проходятъ перпендикулярно плоскостямъ m , которыя, такимъ образомъ, представляетъ призму 2-го рода, s и s' пирамиды 3-го рода $\frac{\text{лѣв. } 3P3}{\text{пр. } 2} \{131\}$ и $\frac{\text{лѣв. } 3P3}{\text{пр. } 2} \{311\}$.

Геміэдрія трапецоэдрическая.

По сравненію съ симетріею полногранныхъ формъ

$$C, \Delta^4, 2L^3, 2L^2, \Pi, 2P, 2P'$$

симметрія трапецоэдрической геміэдріи выражается

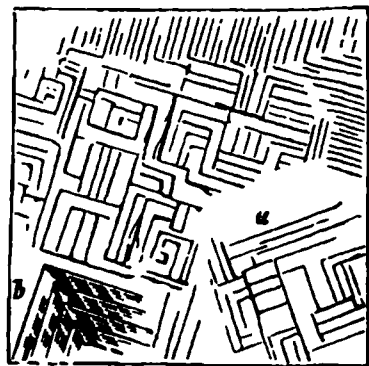
$$OC, \Delta^4, 2L^3, 2L^2, 0\Pi, 0P, 0P'.$$

Очевидно, по трапецоэдрической геміэдріи, изъ всѣхъ формъ тетрагональной системы, только дитетрагональная пирамида измѣняетъ внѣшнюю форму. Въ самомъ дѣлѣ, если мы обратимъ вниманіе на то, что отдѣльнымъ гранямъ дитетрагональной пирамиды, исчезающимъ и развивающимся въ порядкѣ трапецоэдрической геміэдріи, въ другихъ формахъ квадратной системы соответствуютъ лишь части граней, то части

граней, остающіяся и развивающіяся, наполняют тѣ части, которыя предполагаются исчезающими, и форма восстанавливается въ своемъ первоначальномъ видѣ.

Мы уже видѣли, что изъ дитетрагональной пирамиды получаютъ два тетрагональные трапецеэдра пр. $\frac{mPn}{2}$ или $\{khl\}$ и лѣв. $\frac{mPn}{2}$ или $\tau\{khl\}$, энантиоморфныя формы (фиг. 176а и б), аналогичныя гироэдрамъ кубической системы. Подробное описаніе трапецеэдровъ дано выше.

Плоскости тетрагональныхъ трапецеэдровъ не были наблюдаемы до сихъ поръ ни на минералахъ, ни на кристаллахъ, получаемыхъ искусственнымъ путемъ. но мы должны допустить, что группировка элементарныхъ частицъ, образующихъ нѣкоторые кристаллы, принимаетъ симметрію, соответствующую трапецеэдрамъ квадратной системы. Сѣрно-кислый стрихнинъ, напр., встрѣчается въ видѣ кристалловъ, представляющихъ комбинацію квадратной пирамиды и пинакоида, и обладающихъ способностью весьма легко раскалываться на пластинки какой угодно толщины по направленію параллельному пинаконду. Дѣйствуя на поверхность такой пластинки разведенною соляною кислотою, получаютъ систему тонкихъ линій (фиг. 194), которыя, подъ микроскопомъ, представляются повернутыми въ одну сторону относительно комбинаціонныхъ реберъ пинакоида и пирамиды, ограничивающихъ эту пластинку (б). Если подѣйствовать разведенною соляною кислотою на нижнюю поверхность пластинки и установить микроскопъ такъ, чтобъ ясно были видны эти нижнія линіи, мы замѣтимъ, что онѣ повернуты въ другую сторону (а). Такое положеніе линій развѣданія соответствовуетъ комбинаціоннымъ ребрамъ трапецеэдра квадратной системы съ плоскостями пинакоида верхнею и нижнею.



Фиг. 191.

Интересно замѣтить, что пластинка толщиной въ 1 миллиметръ, полученная такимъ образомъ изъ кристалла сѣрно-кислого стрихнина, вращаетъ плоскость поляризаціи влѣво на $9 - 10^\circ$ (для красныхъ лучей).

Геміэдрія гемиморфная.

Явленія гемиморфной геміэдріи, называемой также просто гемиморфизмомъ, мы рассматривали, приурочивая плоскости исчезающія и остающіяся къ главной плоскости симметріи системы; мы могли бы также приурочивать эти группы плоскостей къ концамъ единственной

оси симметріи 4-го порядка Λ^4 такъ, что грани дитетрагональной пирамиды, сходящіяся у *верхняго* или же у *нижняго* конца этой оси, разбиваются или же исчезаютъ.

По сравненію съ симметріею многогранныхъ формъ

$$C, \Lambda^4, 2L^2, 2L^2, \Pi, 2P, 2P$$

симметрія геміэдриі гемиморфной выражается

$$OC, \Lambda^4, 0L^2, 0L^2, 0\Pi, \underline{2P, 2P}.$$

Основной пинакоидъ. Форма эта, подвергаясь гемиморфизму, распадается на двѣ плоскости, параллельныя главному свѣченію, верхнюю и нижнюю:

$$\text{верх. } \frac{OP}{2} \text{ или } \alpha \{001\} \text{ и нижн. } \frac{OP}{2} \text{ или } \alpha \{00\bar{1}\}.$$

Пирамиды тетрагональныя 1-го и 2-го рода, также какъ пирамида дитетрагональная, распадаются каждая на двѣ группы плоскостей, верхнюю и нижнюю, такимъ образомъ имѣемъ:

$$\text{верх. } \frac{mP}{2} \text{ или } \alpha \{11l\} \text{ и нижн. } \frac{mP}{2} \text{ или } \alpha \{11\bar{l}\},$$

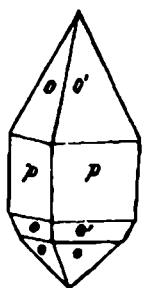
$$\text{верх. } \frac{mP\infty}{2} \text{ или } \alpha \{10l\} \text{ и нижн. } \frac{mP\infty}{2} \text{ или } \alpha \{10\bar{l}\},$$

$$\text{верх. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha \{hkl\} \text{ и нижн. } \frac{mP\infty}{2} \text{ или } \alpha \{hkl\}.$$

Призмы тетрагональныя 1-го и 2-го рода, также призмы дитетрагональныя, подвергаясь гемиморфизму, очевидно не измѣняютъ наружнаго вида.

Кристаллографическая постановка здѣсь такая же, какъ у формъ многогранныхъ.

Формы верхнія и нижнія, при поворотѣ на 180° около боковой кристаллографической оси, взаимно совмѣщаются.



Фиг. 195.

Фиг. 195 представляетъ одинъ изъ типичныхъ примѣровъ комбинаціи гемиморфныхъ формъ квадратной системы, наблюдаемый на кристаллахъ органическаго соединенія ($C_4H_4O_2NJ$) іодисаго сукцинимида: на нижнемъ концѣ опредѣлены плоскости двухъ пирамидъ o o' , если o принять за основную пирамиду $P \{111\}$, то o плоскости острѣйшей пирамиды $2P \{221\}$; на верхнемъ концѣ плоскости призмы 1-го рода (p) и острѣйшей пирамиды $o = 2P \{221\}$.

Тетартоэдриа тетрагональной системы.

Въ тетрагональной системѣ мы разсматриваемъ два случая тетартоэдриі: 1) сфеноидическую тетартоэдрию и 2) гемиморфную тетартоэдрию.

Для опредѣленія характера сфеноидической тетартоэдри мы будемъ подвергать дитетрагональную пирамиду сначала геміэдри а) пирамидальной ($\swarrow$) потомъ геміэдри б) скаленоэдрической ($\searrow$) (фиг. 196а и б).

а) Подвергаясь геміэдри пирамидальной, каждая дитетрагональная пирамида даетъ двѣ квадратныя пирамиды 3-го рода

$$\left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{k h l\} \text{ и } - \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{h k l\}$$

Симметрия этихъ формъ выражается слѣдующимъ образомъ:

$$C, \Delta^4, 0L^2, 0L^2, \Pi, 0P, 0P'$$

б) Если, оставивъ у дитетрагональной пирамиды распределение плоскостей, соответствующее пирамидальной геміэдри, уничтожить цѣлые октанты, соответственнo геміэдри скаленоэдрической, то изъ каждой квадратной пирамиды третьяго рода + и — получаются по два сфеноида 3-го рода *правый* и *лѣвый*:

$$\begin{aligned} \text{пр. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{h k l\} \text{ и лѣв. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{\bar{h} k l\}, \\ \text{пр. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{k h l\} \text{ и лѣв. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{\bar{k} h l\}. \end{aligned}$$

Симметрия этихъ формъ, по сравненію съ симметрией пирамидъ 3-го рода, уменьшается, такъ какъ, соответственнo условіямъ скаленоэдрической геміэдри, ось 4-го порядка дѣлается осью 2-го порядка, а главная плоскость симметрии, также центръ симметрии, исчезаютъ, такимъ образомъ, для сфеноидовъ 3-го рода, мы имѣемъ

$$OC, \Delta^2, 0L^2, 0L^2, 0\Pi, 0P, 0P'$$

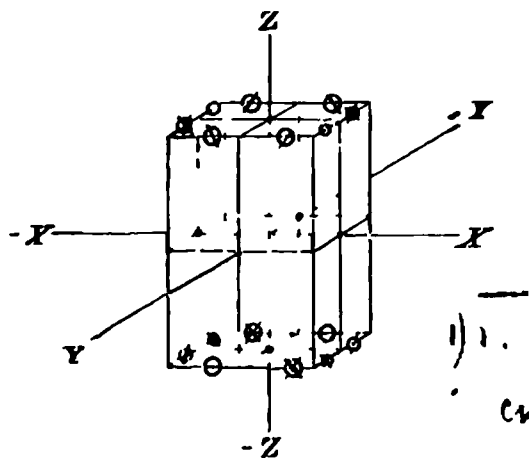
то есть, въ сфеноидахъ 3-го рода наблюдается лишь одинъ элементъ симметрии: ось 2-го порядка.

Для опредѣленія характера гемиморфной тетартоэдри мы будемъ подвергать дитетрагональную пирамиду сначала геміэдри а') пирамидальной. потомъ геміэдри б') гемиморфной.

а) Подвергаясь геміэдри пирамидальной, каждая дитетрагональная пирамида даетъ двѣ квадратныя пирамиды 3-го рода:

$$\left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{k h l\} \text{ и } - \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{h k l\}.$$

б) Каждая пирамида 3-го рода, такимъ образомъ полученная, подвергаясь гемиморфизму, распадается на двѣ гемиморфныя формы, *верхнюю* и *нижнюю*. Такимъ образомъ, по этому способу тетартоэдри,



Фиг. 196 а.

изъ дитетрагональной пирамиды пологогранной получаются четыре тетартоэдрических формы,—гемиморфныя пирамиды 3-го рода:

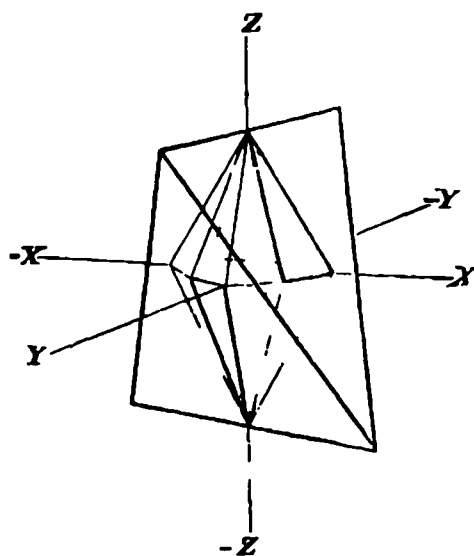
$$\begin{aligned} &\text{верх. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{k h l\} \text{ и верх. } - \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{h l l\}, \\ &\text{нижн. } \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{k h \bar{l}\} \text{ и нижн. } - \left[\frac{m P n}{4} \right] \text{ или } \{h k \bar{l}\}. \end{aligned}$$

По сравненію съ симметріею формъ пирамидальной геміэдри. симметрия гемиморфныхъ пирамидъ 3-го рода понижается, вслѣдствіе отсутствія въ нихъ главной плоскости и центра симметріи:

$$OC, \Lambda^4, OL^2, OL^2, O\Pi, OP, OP.$$

Тетартоэдрія сфеноидическая тетрагональной системы.

Дитретрагональная пирамида, какъ мы видѣли, даетъ сфеноиды 3-го рода, которые, не отличаясь по наружному виду отъ сфеноидовъ обыкновенныхъ, происходящихъ отъ квадратной пирамиды 1-го рода. отличаются отъ нихъ положеніемъ въ комбинаціяхъ, также, какъ пирамиды и призмы 3-го рода отличаются отъ пирамидъ и призмъ 1-го рода.



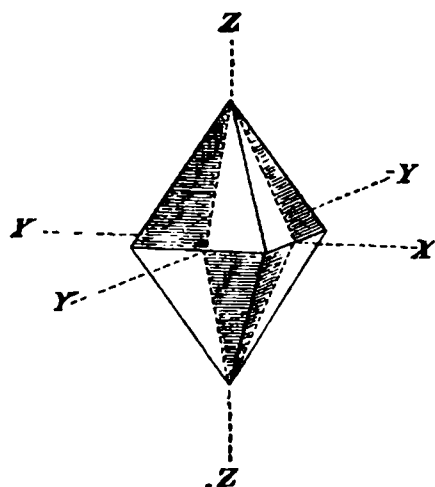
Фиг. 196 b.

Въ сфеноидахъ 3-го рода единственный элементъ симметріи, ось 2-го порядка, проходитъ чрезъ середины реберъ верхняго и нижняго, по тому же направленію ось с, боковыя кристаллографическія оси a и a выходятъ не въ ребрахъ, расположенныхъ зигзагомъ, какъ это бываетъ у сфеноидовъ 1-го рода, а въ граняхъ, несимметрично (фиг. 196 b)

Тетрагональная пирамида 1-го рода по этой тетартоэдріи даетъ сфеноиды 1-го рода, по внѣшности совершенно сходные со сфеноидами 1-го рода, которые получаются путемъ скаленоэдрической (сфеноидической) геміэдри.

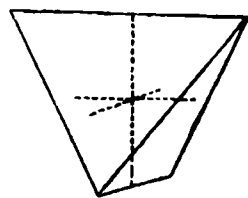
Тетрагональная пирамида 2-го рода по этой тетартоэдріи даетъ сфеноиды 2-го рода (фиг. 197 b), съ этою формою, такъ же, какъ со сфеноидами 3-го рода, мы встрѣчаемся здѣсь въ первый разъ. Сфеноидъ 2-го рода, не отличаясь по внѣшнему виду отъ сфеноидовъ 1-го рода и 3-го рода, отличается отъ нихъ положеніемъ въ комбинаціяхъ, точно также, какъ въ этомъ отношеніи различаются призмы и пирамиды 1-го, 2-го и 3-го рода. Въ самомъ дѣлѣ, если мы отнесемъ къ однимъ и тѣмъ же осямъ координатъ сфеноиды 1-го, 2-го и 3-го рода, то увидимъ, что

главныя кристаллографическія оси у нихъ совпадаютъ, но боковыя оси выходятъ у сфеноидовъ 1-го рода въ ребрахъ, расположенныхъ зигзагомъ, у сфеноидовъ 2-го рода эти оси выходятъ въ граняхъ, симметрично относительно реберъ, у сфеноидовъ 3-го рода эти оси выходятъ въ граняхъ, несимметрично относительно реберъ, такъ что въ комбинаціяхъ, грани сфеноида 3-го рода должны находиться между гранями сфеноидовъ 1-го рода и 2-го рода.



Фиг. 197 а.

Призма дитетрагональная въ сфеноидической тетартоэдріи даетъ призмы 3-го рода, по наружному виду совершенно сходныя съ призмами 3-го рода въ пирамидальной геміа-



Фиг. 197 б.

дри.

Призмы 1-го и 2-го рода, также основной пинакоидъ, наружнаго вида не измѣняютъ.

До сихъ поръ не былъ наблюдаемъ ни одинъ случай комбинаціи формъ сфеноидической тетартоэдріи; изъ предыдущихъ рассужденій ясно, какое должно быть отношеніе между плоскостями различныхъ формъ, относящихся къ этой кристаллографической группѣ, еслибъ онѣ вступили въ комбинацію.

Ось симметріи 2-го порядка въ сфеноидической тетартоэдріи квадратной системы является вмѣстѣ съ тѣмъ осью *сложной симметріи* 4-го порядка. Для уясненія себѣ этого новаго понятія, мы представимъ зеркальную плоскость, совмѣщаемую съ основнымъ сѣченіемъ, которое проходитъ чрезъ оси X,—X и Y,—Y (фиг. 196 б); очевидно, плоскость дитетрагональной пирамиды, отъ которой мы производимъ сфеноидъ 3-го рода, отмѣченная на фиг. 196b болѣе толстыми линіями, при поворотѣ кристалла на 90° около линіи Z,—Z, отразится отъ зеркальной плоскости и дастъ соотвѣтствующее изображеніе внизу, такимъ образомъ, при полномъ поворотѣ кристалла, мы получаемъ соотвѣтственно двумъ плоскостямъ непосредственно опредѣляемымъ и соотвѣтственно двумъ плоскостямъ, положеніе которыхъ опредѣляется отраженіемъ въ зеркалѣ, совокупность граней, при развитіи которыхъ до взаимнаго пересѣченія образуется рассматриваемый сфеноидъ. Очевидно, что, при существованіи оси симметріи 2-го порядка, допуская существованіе нѣкоторой грани дитетрагональной пирамиды, при поворотѣ на уголъ $\frac{360^\circ}{2} = 180^\circ$, мы получимъ

лишь еще одну грань, вводя понятие о сложной симметрии и пользуясь осью сложной симметрии 4-го порядка, мы получаемъ здѣсь всѣ четыре грани сфеноида 3-го рода. Изъ формъ, ранѣе нами разобранныхъ, мы отмѣтимъ существованіе оси сложной симметрии 4-го порядка у квадратнаго сфеноида 1-го рода—она также совпадаетъ съ осью 2-го порядка Λ^2 , три оси сложной симметрии 4-го порядка у тетраэдрическихъ формъ кубической системы, совпадающія, очевидно, также съ осями 2-го порядка, бывшими осями симметрии 4-го порядка у многогранныхъ формъ, четыре оси сложной системы 6-го порядка, совпадающія съ осями простой симметрии 3-го порядка у формъ пентагональной геміэдри и многогранныхъ формъ кубической системы.

Тетартоэдри гемиморфная тетрагональной системы.

Связывая генетически эту тетартоэдрию съ пирамидальною геміэдрию, мы можемъ прямо сказать, что, по условіямъ гемиморфизма, которому подвергаются формы пирамидальной геміэдри, мы должны имѣть:

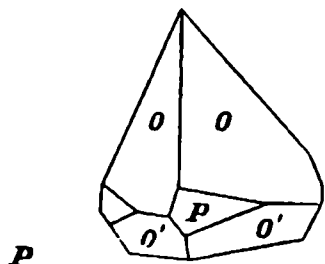
Основной пинакоидъ верхній и нижній: верхній $\frac{OP}{4} \{001\}$ и ниж. $\frac{OP}{4} \{00\bar{1}\}$; квадратныя пирамиды 1-го, 2-го и 3-го рода верхнія и нижнія (знаки тѣ же, что для формъ пирамидальной геміэдри съ соответствующими измѣненіями); квадратныя призмы 1-го, 2-го и 3-го рода.

Кристаллографическія оси опредѣляются здѣсь также, какъ въ формахъ, относящихся къ пирамидальной геміэдри.

Мы уже говорили, что, изъ элементовъ симметрии квадратной системы, здѣсь, остается лишь ось симметрии 4-го порядка, съ нею и совмѣщается, при разборѣ комбинацій, главная кристаллографическая ось,—

изъ существующихъ формъ одну выбираютъ за основную форму 1-го рода, по отношенію къ ней проводятъ боковыя оси a и a и опредѣляютъ положеніе и природу другихъ формъ. входящихъ въ комбинацію.

Такъ, если представить себѣ, что въ комбинаціонной формѣ, изображенной на фиг. 198, нижняя часть вся срѣзана плоскостью перпендикулярною главной оси, мы будемъ имѣть



Фиг. 198.

(фиг. 198).

O —гемиморфная пирамида 1-го рода основная, верхняя:

$$\text{верх. } \frac{P}{4} \{111\}, P \text{ призма 3-го рода, } \frac{\infty P n}{4} \{h k 0\};$$

на нижнемъ концѣ

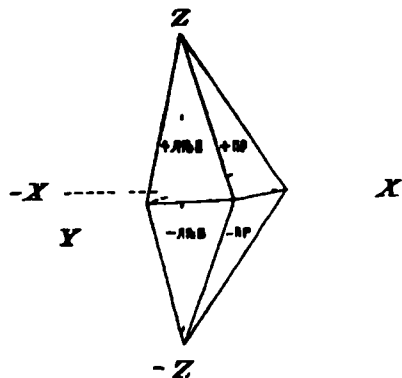
O' —гемиморфная пирамида 1-го рода основная, нижняя:

$$\text{ниж. } \frac{P}{4} \{1\bar{1}\bar{1}\},$$

основной пинакоидъ нижній $\frac{OP}{4} \{00\bar{1}\}.$

Таблица I (стр. 100) особыхъ объясненій не требуетъ, въ виду того, что при составленіи ея мы пользовались тѣми же основаніями, какими пользовались при составленіи такой же таблицы формъ кубической системы. На слѣдующей, II, таблицѣ формъ тетрагональной системы намъ нужно будетъ остановиться, такъ какъ здѣсь въ первый разъ примѣняются нѣкоторыя новыя обозначенія.

Такъ, различаются бипирамиды и пирамиды: бипирамиды обладаютъ главною плоскостью симметріи Π и центромъ симметріи, пирамиды этими элементами симметріи не обладаютъ—это тѣ формы, которыя мы называли *гемиморфными* пирамидами, существующія при такихъ же условіяхъ, при какихъ существуетъ *верхній* и *нижній* базисъ, $\{001\}$ и $\{00\bar{1}\}$, двѣ отдѣльныя плоскости базопинакоида, которыя могутъ встрѣчаться въ комбинаціяхъ отдѣльно и независимо одна отъ другой. Формы *правыя* и *лѣвыя*, также, *положительныя* и *отрицательныя* разсматриваются въ связи съ распредѣленіемъ плоскостей ограниченія кристалла въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 199: значеніе этой фигуры такое же, какъ соотвѣтствующей фигуры въ системѣ кубической, она относится къ самой сложной формѣ системы тетрагональной и съ нею сравнивается распредѣленіе граней у всѣхъ другихъ формъ системы. Въ каждомъ классѣ легко найти генетическое соотношеніе между формами, его образующими: для этого, взявъ самую сложную форму класса, при соотвѣствующихъ измѣненіяхъ индексовъ граней, выбирая частныя значенія для h , k и l , можно переходить къ каждой другой формѣ того же класса послѣдовательно или же непосредственно.



Фиг. 199.

1. Таблица формъ тетрагональной системы

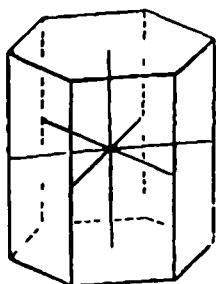
Голоэдрія.	Геміэдрія скалено- эдрическая.	Геміэдрія пирамидальная.	Геміэдрія трапецоэдрическая.	Геміэдрія гемиморфная.	Тетартоэдрія сфеноидическая.	Тетартоэдрія гемиморфная.
Основной пинаконтъ OP	—	—	—	Основной пинаконтъ OP верх. $\frac{OP}{2}$ и ниж. $\frac{OP}{2}$	—	Основной пинаконтъ верх. $\frac{OP}{4}$ и ниж. $\frac{OP}{4}$
Призма 1-го рода ∞P	—	—	—	—	—	—
Призма 2-го рода $\infty P \infty$	—	—	—	—	—	—
Пирамида 1-го рода mP	Сфеноидъ 1-го рода $\frac{mP}{2}$ и $\frac{mP}{2}$	—	—	Пирамида 1-го рода верх. $\frac{mP}{2}$ и ниж. $\frac{mP}{2}$	Сфеноидъ 1-го рода $\frac{mP}{4}$ и $\frac{mP}{4}$	Пирамида 1-го рода верх. $\frac{mP}{4}$ и ниж. $\frac{mP}{4}$
Пирамида 2-го рода $mP \infty$	—	—	—	Пирамида 2-го рода верх. $\frac{mP \infty}{2}$ и ниж. $\frac{mP \infty}{2}$	Сфеноидъ 2-го рода $\frac{mP \infty}{4}$ и $\frac{mP \infty}{4}$	Пирамида 2-го рода верх. $\frac{mP \infty}{4}$ и ниж. $\frac{mP \infty}{4}$
Дитетраго- нальная призма $\infty P n$	—	Призма 3-го рода $\left[\frac{\infty P n}{2} \right]$ и $\left[\frac{\infty P n}{2} \right]$	—	—	Призма 3-го рода $\frac{\infty P n}{4}$ и $\frac{\infty P n}{4}$	—
Дитетраго- нальная пирамида $mP n$	Скаленоэдръ $\frac{mP n}{2}$ и $\frac{mP n}{2}$	Пирамида 3-го рода $\left[\frac{mP n}{2} \right]$ и $\left[\frac{mP n}{2} \right]$	Трапецоэдръ $\frac{mP n}{2}$ и $\frac{mP n}{2}$	Дитетрагональная пирамида верх. $\frac{mP n}{2}$ и ниж. $\frac{mP n}{2}$	Сфеноидъ 3-го рода + пр. $\frac{mP n}{4}$ и + в. $\frac{mP n}{4}$ — пр. $\frac{mP n}{4}$ и — в. $\frac{mP n}{4}$	Пирамида 3-го рода + верх. $\frac{mP n}{4}$ и — верх. $\frac{mP n}{4}$ + ниж. $\frac{mP n}{4}$ и — ниж. $\frac{mP n}{4}$

II. Таблица формъ тетрагональной системы.

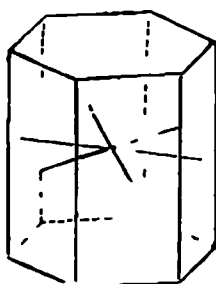
Классъ двугранно- нальной бипирамиды.	Классъ двуграннональной пирамиды.	Классъ тетрагонального трапецоэдра.	Классъ тетрагонального скаленоэдра.	Классъ тетрагональной пирамиды.	Классъ тетрагонального бисфеноида.
Базисъ $\{001\}$	Базисъ $\{001\}$ верхній $\{001\}$ нижній $\{00\bar{1}\}$	Базисъ $\{001\}$	Базисъ $\{001\}$	Базисъ верхній $\{001\}$ нижній $\{00\bar{1}\}$	Базисъ * $\{001\}$
Призма 1-го рода $\{110\}$	Призма 1-го рода $\{110\}$	Призма 1-го рода $\{110\}$	Призма 1-го рода $\{110\}$	Призма 1-го рода $\{110\}$	Призма 1-го рода $\{110\}$
Призма 2-го рода $\{100\}$	Призма 2-го рода $\{100\}$	Призма 2-го рода $\{100\}$	Призма 2-го рода $\{100\}$	Призма 2-го рода $\{100\}$	Призма 2-го рода $\{100\}$
Двугранно- нальная призма $\{hk0\}$	Двуграннональная призма $\{hk0\}$	Двуграннональная призма $\{hk0\}$	Двуграннональная призма $\{hk0\}$	Призма 3-го рода $\{hk0\}$ и $\{k\bar{h}0\}$	Призма 3-го рода $\{hk0\}$ и $\{h\bar{k}0\}$
Бипирамида 1-го рода $\{hk\bar{l}\}$	Бипирамида 1-го рода $\{hk\bar{l}\}$	Бипирамида 1-го рода $\{hk\bar{l}\}$	Бисфеноидъ 1-го рода $\{hk\bar{l}\}$ и $\{h\bar{k}l\}$	Пирамида 1-го рода верхняя $\{hk\bar{l}\}$ нижняя $\{h\bar{k}l\}$	Бисфеноидъ 1-го рода $\{hk\bar{l}\}$ и $\{h\bar{k}l\}$
Бипирамида 2-го рода $\{h0\bar{l}\}$	Бипирамида 2-го рода $\{h0\bar{l}\}$	Бипирамида 2-го рода $\{h0\bar{l}\}$	Бипирамида 2-го рода $\{h0\bar{l}\}$	Пирамида 2-го рода верхняя $\{h0\bar{l}\}$ нижняя $\{h0l\}$	Бисфеноидъ 2-го рода $\{h0\bar{l}\}$ и $\{0h\bar{l}\}$
Двугранно- нальная бипирамида $\{hk\bar{l}\}$	Двуграннональная пирамида верхняя $\{hk\bar{l}\}$ нижняя $\{h\bar{k}l\}$	Трапецоэдръ правый $\{hk\bar{l}\}$ лѣвый $\{k\bar{h}l\}$	Скаленоэдръ $\{hk\bar{l}\}$, $\{k\bar{h}l\}$	Пирамида 3-го рода верхняя $\{hk\bar{l}\}$ нижняя $\{h\bar{k}l\}$	Бисфеноидъ 3-го рода $\{hk\bar{l}\}$, $\{k\bar{h}l\}$ $\{hk\bar{l}\}$, $\{k\bar{h}l\}$

СИСТЕМА ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ.

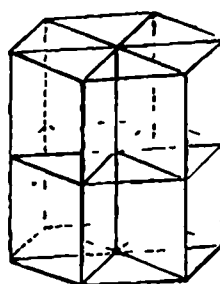
Къ гексагональной системѣ относятся формы, обладающія семью плоскостями симметріи. Одна изъ этихъ плоскостей симметріи перпендикулярна остальнымъ шести плоскостямъ—она совпадаетъ съ основнымъ сѣченіемъ системы (фиг. 202). Изъ другихъ плоскостей симметріи, три—боковыя плоскости симметріи (фиг. 202) и три—діагональныя плоскости симметріи (фиг. 203), онѣ дѣлятъ пополамъ углы между боковыми плоскостями симметріи, отсюда и названіе ихъ: очевидно, три плоскости,



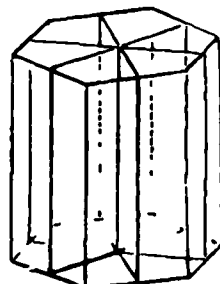
Фиг. 200.



Фиг. 201.



Фиг. 202.



Фиг. 203.

относящіяся къ первой группѣ, образуютъ между собою углы въ 60° , три плоскости, относящіяся ко второй группѣ, также образуютъ между собою углы въ 60° . Мы знаемъ, что плоскость, совпадающая съ основнымъ сѣченіемъ системы и перпендикулярная всѣмъ другимъ плоскостямъ симметріи, называется главной плоскостью симметріи (сравн. стр. 10).

Здѣсь опредѣляется одна ось симметріи 6-го порядка Λ (фиг. 200), она перпендикулярна главной плоскости симметріи; перпендикулярно этой оси, въ главной плоскости, проходятъ шесть осей симметріи 2-го порядка: три изъ нихъ $3L^2$ образуютъ между собою углы въ 60° , три остальные оси $3L^2$, дѣлятъ пополамъ углы между осями $3L^2$. Центръ симметріи опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія оси 6-го порядка съ главной плоскостью. Ось симметріи Λ^6 называется главной осью симметріи, плоскость симметріи ей перпендикулярная, главная плоскость, обозначается Π .

Символъ гексагональной системы опредѣляется:

$$C, \Pi, \underline{3P}, \underline{3P'}, \Lambda^6, 3L^2, 3L^3,$$

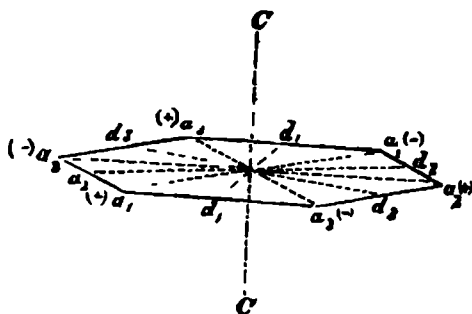
онъ соотвѣтствуетъ полнограннымъ формамъ; для формъ неполногранныхъ, какъ и въ предыдущихъ системахъ, дѣлаются обозначенія, которыя выражаютъ законѣрное измѣненіе симметріи формы полногранной при переходѣ ея въ соотвѣтствующую неполногранную форму. Для опредѣленія положенія граней въ формахъ гексагональной системы, мы проводимъ оси координатъ. Три оси координатъ, расположенныя въ главномъ сѣченіи, совмѣщаются съ боковыми осями симметріи 2-го порядка, вертикальная ось координатъ совмѣщается съ главной осью симметріи. Плоскость координатъ, совпадающая съ главной плоскостью симметріи,

называется основнымъ сѣченіемъ системы (см. выше), плоскости координатъ, совмѣщаемыя съ боковыми плоскостями симметріи, называются боковыми сѣченіями. Отмѣчая отрѣзки координатныхъ осей внутри кристалла, какъ кристаллографическія оси, мы опредѣляемъ вертикальную ось, которая по величинѣ и направленію отличается отъ горизонтальныхъ осей; соотношеніе кристаллографическихъ осей въ гексагональной системѣ выражается слѣдующимъ образомъ:

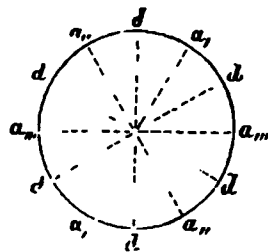
$$a : a : a : c, \quad c \geq a,$$

уголъ γ между боковыми осями равняется 60° , уголъ α между главной осью и боковыми осями равняется 90° ; отношеніе $a : c$ не представляетъ простой раціональной величины.

Слѣдовательно, въ формахъ гексагональной системы, опредѣляются



Фиг. 204.



Фиг. 205.

четыре кристаллографическія оси a , a , a и c , три боковыя и одна главная ось; линіи, дѣлящія пополамъ углы между боковыми осями, называются осями діагональными (d , d и проч. на фиг. 204 и 205).

Мы напоминаемъ еще разъ, что хотя и здѣсь положеніе осей координатъ, слѣдовательно и кристаллографическихъ осей, приурочивается къ положенію осей симметріи, но вообще ихъ проводятъ, соединяя элементы ограниченія кристалла одноименные и одинаково расположенные.

Полногранные формы.

Для точнаго опредѣленія граней въ формахъ гексагональной системы, мы опредѣляемъ двѣнадцать додекантовъ: шесть верхнихъ и шесть нижнихъ. Для опредѣленія величины кристаллографическихъ осей, соответствующихъ данной комбинаціи, мы, какъ и въ комбинаціяхъ формъ квадратной системы, выбираемъ одну пирамиду за основную; въ этой комбинаціи гексагональной системы мы опредѣляемъ положеніе главной и трехъ боковыхъ кристаллографическихъ осей, совмѣщая ихъ съ системою координатныхъ осей такъ, что центръ кристалла совпадаетъ съ началомъ координатъ, боковыя оси совпадаютъ съ осями координатъ XX' и YY' , образующими между собою уголъ въ 60° , главная ось совпадаетъ съ осью координатъ ZZ' , перпендикулярною XX' и YY' , образующими

стое соотношеніе между отрѣзками, которые дѣляетъ плоскость на боковыхъ осяхъ гексагональной системы: пусть (фиг. 207) нѣкоторая плоскость пересѣкаетъ одну ось непосредственно на разстояніи $OK=a$, двѣ другія оси, по продолженію, на разстояніяхъ $OH=na$ и $OL=s a$; изъ треугольника OHL имѣемъ

$$(1) \frac{sa}{na} = \frac{\sin(60^\circ - \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \alpha - \frac{1}{2} \sin \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \sqrt{3} \cot \alpha - \frac{1}{2}$$

изъ треугольника OKL

$$(2) \frac{sa}{a} = \frac{\sin(120^\circ - \alpha)}{\sin \alpha} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \alpha + \frac{1}{2} \sin \alpha}{\sin \alpha} = \frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \alpha + \frac{1}{2}$$

Вычитаемъ изъ (1) выраженія (2) выраженіе, получимъ

$$\frac{sa}{na} - \frac{sa}{a} = -1 \text{ и } s = \frac{n}{n-1};$$

слѣдовательно, значеніе s опредѣляется изъ n . Въ частномъ случаѣ, когда $n=1$, то $s=\infty$; когда $n=2$, то $s=2$ — смыслъ этихъ значеній n будетъ ясенъ изъ послѣдующаго.

Итакъ, пусть нѣкоторая плоскость дѣляетъ на двухъ смежныхъ осяхъ и на вертикальной оси гексагональной системы отрѣзки $pa:na:mc$ или $a:\frac{n}{p}a:\frac{m}{p}c$. Принимая за единицу величину наименьшаго коэффициента p , будемъ имѣть

$$a:na:mc \text{ или } 1:n:mc$$

въ этомъ выраженіи остается c , такъ какъ $1:n:mc$ получается изъ

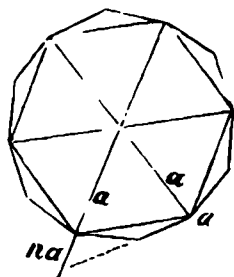
$$\frac{a}{a}:\frac{na}{a}; m \frac{c}{a} \quad \text{при } a=1, \text{ величина главной оси } c$$

всегда болѣе или менѣе a . Знакъ $a:na:mc$ соответствуетъ плоскости, пересѣкающей двѣ оси координатъ, расположенныя въ основномъ сѣченіи, на разстояніяхъ a и na (фиг. 208), вертикальную ось она пересѣкаетъ на разстояніи mc ; другая плоскость, расположенная въ томъ же додекантѣ аналогичнымъ образомъ, по условіямъ симметріи формъ гексагональной системы, будетъ дѣлать такіе же отрѣзки, но въ иномъ порядкѣ

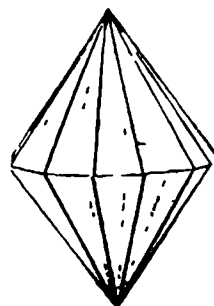
$$na:a:mc.$$

Тоже имѣетъ мѣсто въ каждомъ другомъ додекантѣ, при этомъ измѣняется направленіе отрѣзковъ по осямъ координатъ, но абсолютная величина

ихъ таже, какъ у плоскостей, расположенныхъ въ разсмотрѣнномъ нами додекантѣ. Такимъ образомъ, получается форма, ограниченная двадцатью четырьмя гранями, расположенными по двѣ въ шести верхнихъ и шести



Фиг. 208.



Фиг. 209.

нижнихъ додекантахъ—она называется дигексагональною пирамидою (фиг. 209).

Дигексагональная пирамида представляетъ замкнутую форму, ограниченную 24 неравносторонними треугольниками. Ребра въ этой формѣ трехъ родовъ: среднія, расположенныя въ основномъ сѣченіи; полярныя (вершинныя) болѣе острыя, соотвѣтствующія боковымъ осямъ; полярныя болѣе тупыя, соотвѣтствующія діагональнымъ осямъ. Углы трехъ родовъ: два вершинные, дигексагональные; шесть ромбическихъ, соотвѣтствующихъ боковымъ осямъ, шесть ромбическихъ, соотвѣтствующихъ діагональнымъ осямъ.

Дигексагональныя пирамиды, у которыхъ всѣ вершинныя ребра были бы равны между собою, существовать не могутъ, такъ какъ при этомъ основное сѣченіе дигексагональной пирамиды приняло бы видъ *правильнаго двѣнадцатиугольника* и, въ параметрѣ *na*, коэффициентъ *n* принялъ бы значеніе, выражаемое ирраціональною величиною

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{3}.$$

Подобно тому, какъ изъ дитетрагональной пирамиды квадратной системы можно получить всю совокупность формъ этой системы, всѣ формы системы гексагональной можно вывести изъ общаго знака дигексагональной пирамиды $a : na : t$ или $t P n$, дѣлая измѣненія въ вычисленныхъ значеніяхъ коэффициентовъ *t* и *n*.

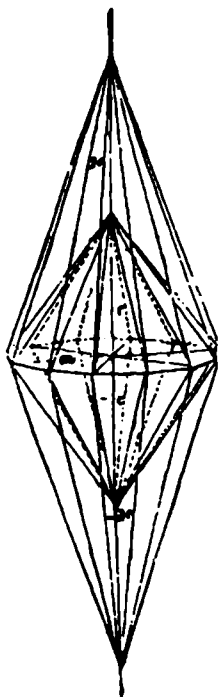
Послѣдовательно увеличивая значенія коэффициента *t*, мы получаемъ рядъ пирамидъ болѣе и болѣе острыхъ (фиг. 210) $a : na : 2s$ и т. д., при $t = \infty$, получается открытая форма (фиг. 211), ограниченная двѣнадцатью плоскостями, которыя взаимно пересѣкаются въ ребрахъ попеременно равныхъ и параллельныхъ главной оси—эта форма называется дигексагональною призмою:

$$a : na : \infty s, \infty P n.$$

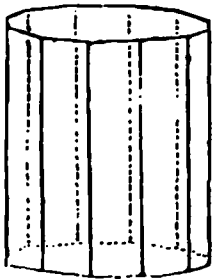
При послѣдовательныхъ уменьшеніяхъ численнаго значенія *t* въ знакахъ

$$a : na : ts, t P n$$

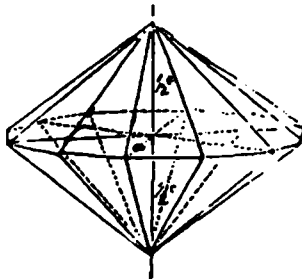
получаются дигексагональныя пирамиды болѣе тупыя, напрымѣръ:



Фиг. 210.



Фиг. 211.



Фиг. 212.



Фиг. 213.

$:na : \frac{3}{4}c$, $a:na : \frac{1}{2}c$ (фиг. 212), $a:na : \frac{1}{4}c$ (фиг. 213) и т. д.

При $m=0$, получается плоскость, совпадающая съ основнымъ сѣченіемъ гексагональной системы; если въ знакахъ $a:nc;tc$ и mPn мы полагаемъ $m=0$, то получимъ

$$a:nq:0c \text{ и } 0Pn$$

знаки, соотвѣтствующіе плоскости, которая совпадаетъ съ основнымъ сѣченіемъ; если же мы преобразуемъ выраженіе $a:na:tc$ такимъ образомъ

$$\frac{a}{m} : \frac{n}{m}a : c$$

и затѣмъ полагаемъ $m=0$, то получимъ выраженіе $\infty a : \infty a : c$, которое соотвѣтствуетъ плоскости, параллельной основному сѣченію и образующей на вертикальной оси отрезокъ равный c , по закону симметрии многогранныхъ формъ мы должны допустить существованіе плоскости по другую сторону центра симметріи, на томъ же разстояніи c , со знакомъ— (минусъ)

$$\infty a : \infty a : -c.$$

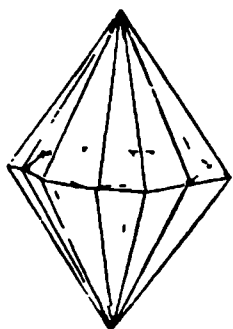
Совокупность этихъ плоскостей представляетъ основной пинакоидъ (безопинакоидъ), обладающій всѣми свойствами такой же формы въ тетрагональной системѣ.

Полагая въ знакѣ дигексагональной пирамиды $a : : tc, mPn$, $m=1$, получаемъ

$$a:na:c, Pn$$

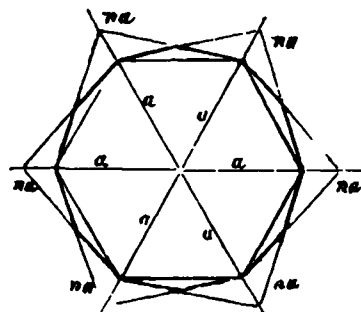
это обозначеніе основной дигексагональной пирамиды.

По мѣрѣ того, какъ въ дигексагональной пирамидѣ (фиг. 214а и б) численное значеніе коэффициента n будетъ уменьшаться, прибли-



Фиг. 214а.

жаясь къ единицѣ, мы будемъ имѣть рядъ пирамидъ, у которыхъ полярнымъ ребрамъ въ діагональныхъ сѣченіяхъ соотвѣтствуютъ углы болѣе и болѣе тупые, при $n=1$, они равны 180° , и плоскости, расположенныя въ одномъ додекантѣ, параметры которыхъ по боковымъ



Фиг. 214 б.

осямъ $a:na$ и $na:a$, совпадутъ съ плоскостью гексагональной пирамиды $a:a$; дигексагональное сѣченіе, совпадающее съ главною плоскостью системы, превратится въ гексагонъ (фиг. 214б). Такимъ образомъ, изъ дигексагональной пирамиды получается гексагональная пирамида 1-го ряда $a:a:tc$.

Мы знаемъ, что плоскость, пересѣкающая одну изъ боковыхъ осей гексагональной системы непосредственно на разстояніи a и другую ось на разстояніи $n a$, будетъ дѣлать на третьей оси, расположенной въ основномъ сѣченіи, отрѣзокъ $s = \frac{n}{n-1}$, такъ что для граней дигексагональных формъ мы можемъ дать слѣдующіе подробные знаки:

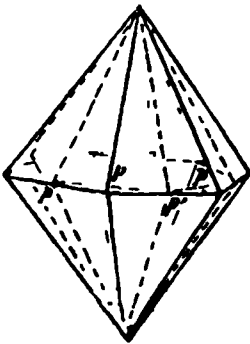
$$: n a : \frac{n}{n-1} a : m c \text{ и } a : n a : \frac{n}{n-1} a : \infty c.$$

Въ гексагональной пирамидѣ $n = 1$, слѣдовательно, подробный знакъ ея

$$a : a : \infty a : m c$$

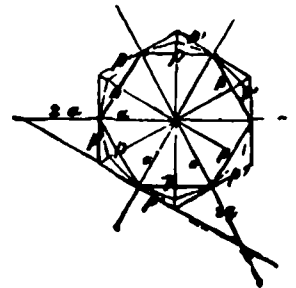
то есть, грани этой формы пересѣкаютъ двѣ боковыя кристаллографическія оси на равныхъ разстояніяхъ и параллельны третьей оси, расположенной въ главной плоскости (фиг. 214 b).

Если, въ частномъ случаѣ, $n = 2$, то въ дигексагональной пирамидѣ уголъ, соотвѣтствующій ребру, расположенному въ диагональномъ сѣченіи, равняется 180° , и двѣ плоскости, расположенныя въ смежныхъ додекантахъ, сливаются въ одну плоскость, такимъ образомъ получается пирамида 2-го рода (фиг. 215а и b) $a : 2a : m c$, въ подробномъ знакѣ



Фиг. 215 а.

дигексагональной пирамиды для $n = 2$ будемъ имѣть $a : 2a : 2a : m c$; пирамида эта по виду сходна съ пирамидою 1-го рода, но отличается отъ нея положеніемъ въ комбинаціяхъ: такъ какъ каждая грань пирамиды 2-го рода дѣлаетъ по одной изъ осей, расположенныхъ въ главной плоскости, отрѣзокъ a . а по двумъ такимъ же осямъ отрѣзки $2a$, то, какъ видно на рисункѣ, ребра пирамиды 2-го рода,



Фиг. 215 б.

расположенныя въ главной плоскости, направляются перпендикулярно боковымъ осямъ, которыя выходятъ въ срединахъ этихъ реберъ.

При $m = 1$ въ знакѣ $a : 2a : (2a) : m c$ или, что совершенно достаточно для опредѣленія формы, въ $a : 2a : m c$. имѣемъ выраженіе для основной пирамиды 2-го рода $a : 2a : c, P_2$.

Съ пирамидою 1-го рода генетически связаны всѣ формы основною ряда, то есть формы, отличающіяся отъ основной пирамиды лишь величиною параметровъ по вертикальной оси. Въ общемъ знакѣ пирамиды 1-го рода

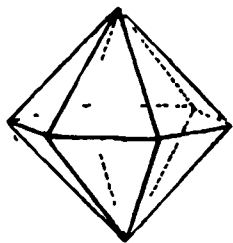
$$a : a : m c, m P$$

значеніе коэффиціента m представляется неопредѣленнымъ и можетъ измѣняться въ предѣлахъ отъ 0 до ∞ , какъ было показано выше. По мѣрѣ

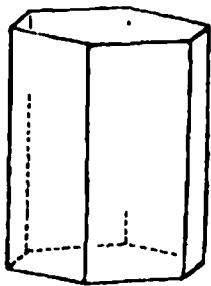
увеличенія значеній m отъ $m = 1$, соответствующаго основной пирамидѣ, получаютъ послѣдовательно пирамиды болѣе и болѣе острия, напр.,

$$a : a : 2c, 2P; a : a : 3c, 3P \text{ и т. д.}$$

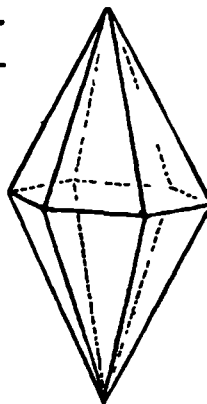
при чемъ вершина пирамиды постепенно удаляется отъ центра формы. Если фиг. 216 изображаетъ основную пирамиду, то фиг. 217 соответствуетъ острѣйшей пирамидѣ $2P$, при $m = \infty$ вершина пирамиды должна находиться на безконечно большомъ разстояніи отъ центра, соответственно выраженію $a : a : \infty c, \infty P$; при этомъ двѣ грани, пересекающіяся между собою въ среднихъ ребрахъ, сливаются въ одну грань параллельную вертикальной оси, и двѣнадцать граней гексаго-



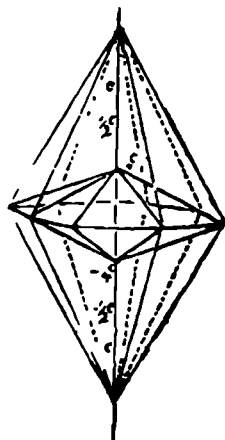
Фиг. 216.



Фиг. 218.



Фиг. 217.

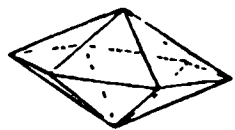


Фиг. 219.

нальной пирамиды 1-го рода превращаются въ шесть плоскостей гексагональной призмы 1-го рода (фиг. 218).

Уменьшая постепенно значеніе коэффициента m въ выраженіяхъ $a : a : mc, mP$, мы имѣемъ гексагональныя пирамиды 1-го рода болѣе и болѣе тупыя, напр., соответственно значеніямъ $m = \frac{3}{4}, \frac{1}{2}, \frac{1}{4}$ и т. д. (фиг. 219), при этомъ полярныя ребра дѣлаются болѣе и болѣе тупыми, основныя ребра дѣлаются послѣдовательно болѣе острыми; если на фиг. 216 пирамида основная, то фиг. 220 представляетъ тупѣйшую пирамиду основного ряда, при $m = \frac{1}{2}$;

$$a : a : \frac{1}{2}c, \frac{1}{2}P.$$



Фиг. 220.

При $m = 0$ получается плоскость, совпадающая съ основнымъ сѣченіемъ формъ гексагональной системы, основной пинакoidъ

$$a : a : 0c, 0P;$$

преобразуя знакъ гексагональной пирамиды 1-го рода, мы имѣемъ

$$\frac{a}{m} : \frac{a}{m} : c \text{ и, для } m = 0, \infty : \infty :$$

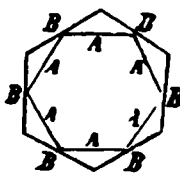
другой знакъ основного знака: очевидно, такъ опредѣляется плоскость, параллельная основному сѣченію и пересѣкающая вертикальную ось на разстояніи c отъ центра. Мы уже выводили такую форму изъ дигексагональной пирамиды: она состоитъ изъ двухъ плоскостей параллельныхъ основному сѣченію и пересѣкающихъ вертикальную ось на разстояніяхъ c и $-c$ отъ центра.

Постепенно увеличивая значеніе коэффиціента m въ пирамидѣ 2-го рода $a : 2a : mc, mP 2$, получаемъ рядъ пирамидъ все болѣе и болѣе острыхъ, при $m = \infty$ получаемъ призму 2-го рода, которая, не отличаясь по формѣ отъ призмы 1-го рода, отличается отъ нея положеніемъ въ комбинаціяхъ, такъ какъ у призмы 1-го рода боковыя оси проходятъ перпендикулярно ребрамъ, а у призмы 2-го рода боковыя оси перпендикулярны гранямъ, слѣдовательно, если призмы 1-го и 2-го рода относить къ одной и той же системѣ осей гексагональной системы, на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ располагаются ребра призмы 1-го рода, будутъ находиться грани призмы 2-го рода. Очевидно, гексагональныя призмы можно производить изъ призмъ дигексагональных также, какъ гексагональныя пирамиды производятся изъ дигексагональных пирамидъ. Возьмемъ подробный знакъ дигексагональной призмы

$$: na : \frac{n}{n-1} a : \infty c,$$

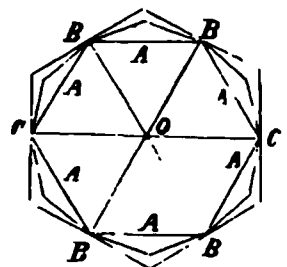
это значить, что плоскость ея пересѣкаетъ одну изъ боковыхъ осей на разстояніи a , другую ось, расположенную влѣво, на разстояніи na , ось, расположенную вправо—на разстояніи $s = \frac{n}{n-1}$ (см. фиг. на стр. 104).

Полагая $n = 1$, имѣемъ $a : a : \infty c$, знакъ плоскости, пересѣкающей двѣ боковыя оси на равныхъ разстояніяхъ—она параллельна третьей оси, также и вертикальной оси, очевидно, это плоскость призмы ∞P , при $n = 1$ въ знакѣ ∞Pn . Если въ подробномъ знакѣ дигексагональной призмы полагать $n = 2$, то получимъ $a : 2a : 2a : \infty c$, знакъ плоскости, пересѣкающей одну изъ боковыхъ осей на разстояніи a , двѣ другія—на разстояніяхъ $2a$, вертикальной оси она параллельна, очевидно, это плоскость призмы $\infty P 2$, при $n = 2$ въ знакѣ $m P n$.



Фиг. 221.

Относительное положеніе призмъ 1-го и 2-го рода въ комбинаціи формъ гексагональной системы представлено на фиг. 221: если здѣсь $AA...$ соотвѣт-



Фиг. 222.

ствуетъ гранямъ призмы 1-го рода, то $BB...$ соотвѣтствуетъ призмѣ 2-го рода; относительное положеніе дигексагональной призмы и призмъ 1-го и 2-го рода изображено на фиг. 222.

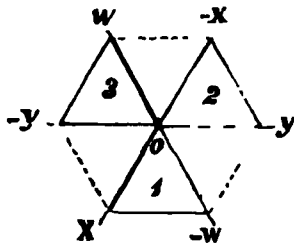
Мы сопоставляемъ здѣсь формы гексагональной системы:

$$\begin{array}{llll}
 n=1 & n>1 & n=2 & \\
 oP.... & oP.... & oP & m=0 \\
 \\
 mP.... & mPn.... & mP2 & m<1 \\
 \\
 P.... & Pn.... & P2 & m=1 \\
 \\
 mP.... & mPn.... & mP2 & m>1 \\
 \\
 \infty P.... & \infty Pn.... & \infty P2 & m=\infty
 \end{array}$$

средний вертикальный рядъ представляет совокупность дигексагональных формъ, лѣвый вертикальный рядъ представляет совокупность формъ 1-го рода, правый вертикальный рядъ представляет совокупность формъ 2-го рода. При $m=1$, мы получимъ пирамиду 1-го рода основную, умножая c , величину вертикальной оси ея, на частныя значенія m , напр., $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 2, 4 и проч., мы имѣемъ въ комбинаціи рядъ пирамидъ, грани которыхъ, взаимно пересѣкаясь въ ребрахъ параллельныхъ основному сѣченію, образуютъ зону, при $m=\infty$ и при $m=0$, въ эту зону входятъ призма 1-го рода и пинакоидъ; то же справедливо, конечно, для формъ 2-го рода и, при опредѣленномъ значеніи n . для дигексагональных формъ, напр., при $n=\frac{3}{2}$, всѣ формы $\frac{1}{2} P \frac{3}{2}$, $P \frac{3}{2}$, $\infty P \frac{3}{2}$... образуютъ зону дигексагональной пирамиды $m P \frac{3}{2}$ соответственно частнымъ значеніямъ m . Для уясненія значенія горизонтальныхъ рядовъ мы обратимъ вниманіе на то, что, въ комбинаціяхъ гексагональной системы, грани формъ дигексагональных занимаютъ положеніе между гранями формъ 1-го и 2-го рода—особенно это ясно выражено по отношенію къ призмамъ (фиг. 222), что и выражается въ послѣднемъ горизонтальномъ рядѣ, при условіи $n>1$ и <2 ; вполне опредѣленно это выражается и въ другихъ горизонтальныхъ рядахъ, исключеніемъ является верхній рядъ, такъ какъ въ гексагональной системѣ существуетъ лишь основной пинакоидъ.

При разборѣ комбинацій гексагональной системы можно воспользоваться чертежемъ, какъ мы поступали, сопоставляя формы кубической системы, образующія комбинаціи (фиг. 54): въ центрѣ треугольника помѣщаемъ знакъ дигексагональной пирамиды $m P n$, въ вершинахъ его помѣщаемъ $0 P$, ∞P , $\infty P 2$, лѣвая сторона соответствуетъ формамъ 1-го рода, правая—формамъ 2-го рода, нижняя—призмамъ ∞P (слѣва), $\infty P n$ (по срединѣ), $\infty P 2$ (справа); знакъ $m P$ помѣщается по срединѣ лѣвой стороны, знакъ $m P 2$ по срединѣ правой стороны,—всѣ формы, расположенныя по одной и той же сторонѣ треугольника, въ комбинаціяхъ образуютъ одну зону.

Для выраженія формъ гексагональной системы помощью индексовъ пользуются всѣми тремя боковыми осями и главной осью системы. При этомъ положеніе осей OH , OK и OL (фиг. 207), расположенныхъ въ основномъ сѣченіи, обозначается особеннымъ образомъ, какъ это показано на фиг. 223: три направленія осей OX , OY , OW , образующія



Фиг. 223.

между собою углы въ 120° , считаются положительными, равно и отрѣзки граней по этимъ направленіямъ; продолженія этихъ направленій за точку O , дѣлящія углы между OX и OY , OY и OW , OW и OX , пополамъ, считаются отрицательными и обозначаются линіями $-OW$, $-OX$, $-OY$. Такимъ образомъ, сопоставляя оба эти чертежа, мы видимъ, что положеніе линіи HKL (фиг. 207)

должно опредѣляться, согласно этому условію, отрѣзками OH , $-OK$, OL , такъ какъ OH соотвѣтствуетъ OX , OK соотвѣтствуетъ $-OW$, OL соотвѣтствуетъ OY ; при помощи параметровъ по боковымъ осямъ положеніе грани, соотвѣтствующей линіи HKL , опредѣляется выраженіемъ

$$na : -a : sa \text{ то есть } na : -a : \frac{n}{n-1}a,$$

переходя къ индексамъ имѣемъ

$$\frac{1}{1} : \frac{-1}{n} : \frac{1}{n-1} \text{ или } \frac{1}{1} : \frac{1}{-n} : \frac{1}{n-1}.$$

индексы этой грани по боковымъ осямъ 1 , $-n$, $n-1$ дадутъ слѣдующее выраженіе:

$$1 + (-n) + (n-1) = 0, \text{ что очевидно, если раскрыты скобки:}$$

$$1 - n + n - 1 = 0;$$

въ болѣе общемъ видѣ это условіе выражается слѣдующимъ образомъ: положеніе граней формы гексагональной системы, отнесенной къ осямъ въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 223, опредѣляется индексами h , k , i , численное значеніе которыхъ, принимая въ соображеніе знаки, должно удовлетворять $h + k + i = 0$. Полный знакъ одной изъ граней дигексагональной пирамиды выражается индексами $i \ k \ \bar{h} \ l$, эта грань пересѣкаетъ основное сѣченіе системы по линіи HL (фиг. 207), такимъ образомъ, что отрѣзки по осямъ координатъ OX и OY (фиг. 223) удовлетворяютъ условію $\frac{a}{i} < \frac{a}{k}$, то есть $i > k$, при чемъ a величина боковой оси, принимаемая за единицу, индексы i и k соотвѣтствуютъ осямъ координатъ OX (OH) и OY (OL), въ частномъ случаѣ имѣемъ $2 \ 1 \ \bar{3} \ 1$. Разсматривая на фиг. 223 положеніе линіи 1 , пересѣкающей оси OY и $-OW$ на одинаковыхъ разстояніяхъ и параллельной оси OY , мы видимъ, что эта линія представляетъ мѣсто встрѣчи съ основнымъ сѣченіемъ или гексагональной призмы 1-го рода, или-же гекса-

гональной пирамиды 1-го рода. Въ гексагональной призме 1-го рода соответствующая грань обозначается $(1\ 0\ \bar{1}\ 0)$, въ порядкѣ пересѣченія этою плоскостью осей OX , OY , — OW , OZ : очевидно, плоскость пересѣкаетъ ось OX на разстояніи конечномъ (+), ось OY она не пересѣкаетъ, направляясь ей параллельно, ось — OW она пересѣкаетъ на такомъ же разстояніи, какъ и ось OX , но величина этого отрезка, соответственно его направленію, принимается отрицательно (—), вертикальная ось гранями призмы не пересѣкается, онѣ ей параллельны; плоскость гексагональной пирамиды 1-го рода, при этихъ-же условіяхъ, опредѣляется выраженіемъ $(1\ 0\ \bar{1}\ l)$ или, въ болѣе общемъ видѣ $(i\ 0\ \bar{i}\ l)$. Если, на фиг. 207, мы допустимъ $OH = OL$, то, очевидно, уголъ при K будетъ равенъ 90° и $OH = OL = 2\ OK$, линия HL соответствуетъ мѣсту встрѣчи съ основнымъ сѣченіемъ грани призмы 2-го рода или-же грани пирамиды 2-го рода; для призмы 2-го рода. по осямъ OX , OY , OW мы имѣемъ параметры $2\ a : 2\ a : -\ a$, переходя къ индексамъ, получимъ $1 : 1 : \frac{1}{-2}$, $\frac{1}{1} : \frac{1}{1} : \frac{1}{-2}$, слѣдовательно, грань призмы 2-го рода обозначается при данныхъ условіяхъ (сравн. фиг. 223) $(1\ 1\ \bar{2}\ 0)$, а пирамиды 2-го рода соответствуетъ при тѣхъ же условіяхъ грань $(1\ 1\ \bar{2}\ l)$ или, въ болѣе общемъ видѣ $(i\ i\ \bar{2}\ l)$, очевидно, въ обоихъ этихъ случаяхъ рассматриваемыя грани формъ 2-го рода на разстояніи наименьшемъ отъ центра кристалла пересѣкають ось — OW .

Для плоскости основного пинакоида, пересѣкающей вертикальную ось, по этому способу обозначенія, имѣемъ $(0\ 0\ 0\ 1)$. То, что относится къ какой-либо грани, должно относиться къ совокупности аналогичныхъ граней, образующихъ форму, такимъ образомъ мы имѣемъ для отдѣльныхъ плоскостей дигексагональной пирамиды слѣдующія обозначенія, въ зависимости отъ ихъ положенія относительно *четырехъ* осей координатъ (фиг. 207, 208, 209, 223):

верхніе додеканты содержатъ плоскости, для $h > i \geq k$,

$$\begin{array}{cccccc} x\ y\ w\ z & x\ y\ w\ z & x\ y\ w\ z & x\ y\ w\ z & x\ y\ w\ z & x\ y\ w\ z \\ (h\ \bar{k}\ i\ l), & (i\ k\ \bar{h}\ l), & (k\ i\ \bar{h}\ l), & (\bar{k}\ h\ i\ l), & (\bar{i}\ h\ \bar{k}\ l), & (\bar{h}\ i\ k\ l) \\ (\bar{h}\ k\ i\ l), & (i\ \bar{k}\ h\ l), & (\bar{k}\ i\ h\ l), & (k\ \bar{h}\ i\ l), & (i\ \bar{h}\ k\ l), & (h\ i\ \bar{k}\ l). \end{array}$$

Значеніе боковыхъ осей x , y , w ясно изъ предыдущаго, l —индексъ по вертикальной оси координатъ $z = ZZ'$; для нижнихъ додекантовъ индексъ по вертикальной оси сопровождается знакомъ — (минусъ), мы имѣемъ во всѣхъ случаяхъ $\bar{l}$.

Вся дигексагональная пирамида обозначается $\{h\ i\ \bar{k}\ l\}$, напр. $\{3\ 2\ \bar{1}\ 1\}$;
 дигексагональная призма . $\{h\ i\ \bar{k}\ 0\}$, напр. $\{3\ 2\ \bar{1}\ 0\}$;
 гексагональная пирамида 1-го рода $\{h\ 0\ \bar{h}\ l\}$, напр. $\{1\ 0\ \bar{1}\ 1\}$;
 гексагональная пирамида 2-го рода . $\{h\ h\ \bar{2}\ l\}$, напр. $\{1\ 1\ \bar{2}\ 1\}$;

гексагональная призма 1-го рода	$\{h\ 0\ \bar{h}\ 0\}$	$\{1\ 0\ \bar{1}\ 0\};$
гексагональная призма 2-го рода	$\{h\ h\ 2\bar{h}\ 0\}.$	$\{1\ 1\ 2\ 0\};$
базисъ		$\{0\ 0\ 0\ 1\}.$

Описаніе простыхъ формъ гексагональной системы.

1. Основной пинакоидъ. $OP\{0\ 0\ 0\ 1\}$. Свойства основного пинакоида гексагональной системы тѣ-же, что и основного пинакоида системы тетрагональной.

2. Гексагональная призма 1-го рода. $\infty P\{1\ 0\ \bar{1}\ 0\}$ Форма эта ограничена шестью плоскостями, которыя взаимно пересѣкаются подъ углами въ 120° . Гексагональныя призмы, подобно тетрагональнымъ, отдѣльно существовать не могутъ, но встрѣчаются лишь въ комбинаціяхъ. Какъ указано выше, боковыя кристаллографическія оси соединяють середины реберъ призмъ 1-го рода.

3. Гексагональная призма 2-го рода. $\infty P_2\{1\ 1\ 2\ 0\}$. Форма эта по вышности тождественна съ призмою 1-го рода, но отличается отъ нея положеніемъ въ комбинаціяхъ относительно кристаллографическихъ осей — каждая грань призмы 2-го рода перпендикулярна боковой кристаллографической оси.

4. Дигексагональная призма. $\infty P_n\{h\ i\ \bar{k}\ 0\}$. Форма эта ограничена двѣнадцатью плоскостями, параллельными главной оси системы. Грани, взаимнымъ пересѣченіемъ, образуютъ двѣнадцать реберъ и, соотвѣтственно этимъ ребрамъ, двѣнадцать двугранныхъ угловъ: шесть изъ нихъ, равные между собою, находятся въ боковыхъ сѣченіяхъ призмы, шесть—равные между собою, но не равные предыдущимъ, находятся въ діагональныхъ сѣченіяхъ. При измѣненіяхъ значенія n , двугранные углы призмы не могутъ сдѣлаться равными между собою. такъ какъ при этомъ n получило-бы ирраціональное значеніе.

5. Гексагональная пирамида 1 го рода $mP\{h\ 0\ \bar{h}\ 1\}$. Форма эта ограничена двѣнадцатью равнобедренными треугольниками, которые взаимнымъ пересѣченіемъ образуютъ ребра двухъ родовъ: шесть среднихъ, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи пирамиды, шесть полярныхъ, въ боковыхъ сѣченіяхъ ея. Два вершинные угла гексагональные, шесть ромбическихъ угловъ, въ вершинахъ которыхъ проходятъ боковыя оси a , главная ось c соединяетъ вершины гексагональныхъ угловъ. Если абсолютные размѣры осей a принять за единицу, то ось c выражается ирраціональною величиною; напр., въ кристаллахъ берилла ($3\text{BeO}\ \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$) для нѣкоторой пирамиды мы имѣемъ отношеніе осей $a : a : c = 1 : 1 : 0.4989...$; для другой пирамиды, болѣе острой, будемъ имѣть, напр.,

$$a : a : 2c = 1 : 1 : 2 \times 0.4989... = 1 : 1 : 0.9978...$$

6. Гексагональная пирамида 2-го рода. $mP_2 \{h\bar{h}2\bar{h}l\}$. Форма эта по вышности совершенно сходна съ пирамидою 1-го рода, отличается отъ нея въ комбинаціяхъ положеніемъ относительно кристаллографическихъ осей—было указано, что каждая грань пирамиды 2-го рода пересѣкаетъ одну изъ боковыхъ осей на разстояніи a , двѣ другія боковыя оси она встрѣчаетъ по продолженію на разстояніяхъ $2a$; боковыя оси соединяють середины реберъ пирамиды, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи.

7. Дигексагональная пирамида. $mP_n \{h i \bar{k} l\}$. Свойства этой формы въ достаточной степени извѣстны изъ предыдущаго изложенія.

Комбинаціи.

При разборѣ комбинацій полногранныхъ формъ гексагональной системы, удобнѣе всего опредѣлить положеніе главной плоскости (основного сѣченія) комбинаціи, также положеніе боковыхъ и діагональных плоскостей. Мѣста взаимнаго пересѣченія этихъ плоскостей опредѣляютъ положеніе главной кристаллографической оси, также положеніе осей боковыхъ и діагональныхъ.

Выборъ положенія осей боковыхъ и діагональныхъ не подчиненъ строгимъ правиламъ въ томъ отношеніи, что при одной постановкѣ кристалла мы можемъ разсматривать данное направленіе, какъ боковую ось, при другой постановкѣ—какъ діагональную, но разъ мы опредѣлили въ данной кристаллографической комбинаціи направленіе осей боковыхъ и діагональныхъ, мы должны придерживаться этого опредѣленія во время разбора формъ, образующихъ комбинацію. Въ зависимости отъ положенія осей боковыхъ и діагональныхъ, опредѣляются формы 1-го и 2-го рода, какъ это объяснено выше на чертежахъ.

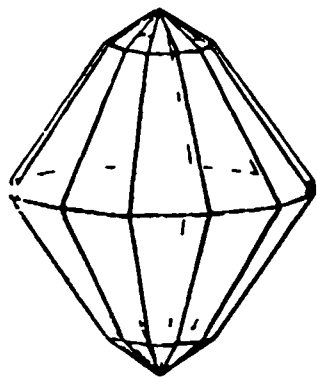
Всѣ формы одного вертикальнаго ряда (стр. 111). вступая въ комбинацію между собою, образуютъ ребра параллельныя основному сѣченію.

Полярныя ребра пирамидъ 1-го рода симметрично притупляются гранями пирамидъ 2-го рода; грани призмъ 2-го рода притупляются симметрично четырехгранные, ромбическіе, углы пирамидъ 1-го рода, также относятся грани призмъ 1-го рода къ ромбическимъ угламъ пирамидъ 2-го рода. Основной пинакоидъ срѣзываетъ вершинные, дигексагональные и гексагональные, углы пирамидъ. Плоскости дигексагональныхъ призмъ и пирамидъ легко опредѣляются по ихъ числу и положенію между формами 1-го и 2-го рода.

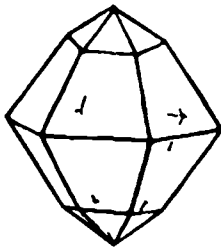
Фиг. 224 представляетъ комбинацію основной дигексагональной пирамиды и другой дигексагональной пирамиды, тупѣйшей; въ такомъ-же взаимномъ отношеніи находятся двѣ гексагональныя пирамиды одного рода, представленныя на фиг. 225.

Фиг. 226 представляет комбинацію дигексагональной пирамиды съ гексагональною пирамидою 1-го рода при одинаковыхъ параметрахъ по вертикальной оси.

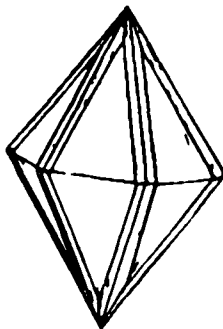
Фиг. 227 представляет комбинацію пирамиды 1-го рода съ тупѣйшею пирамидою 2-го рода.



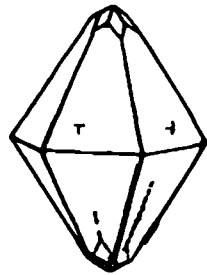
Фиг. 224.



Фиг. 225.

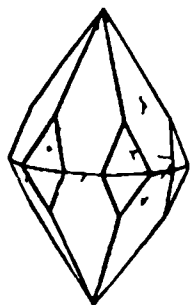


Фиг. 226.



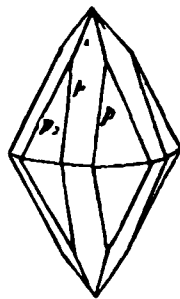
Фиг. 227.

Фиг. 228 представляет комбинацію пирамиды 1-го рода съ острѣйшею пирамидою 2-го рода.



Фиг. 228.

Фиг. 229 представляет комбинацію пирамиды 2-го рода ($p', p', \dots$) съ основною пирамидою 1-го рода (p). На чертежѣ видно, что правая грань пирамиды 2-го рода (p') пересѣкаетъ правую ось на разстояніи a или 1, лѣвую ось она пересѣкаетъ на разстояніи $2a$ или 2 (сравн. фиг. 215b); лѣвая грань p' , пересѣкаетъ боковыя оси на такихъ же раз-



Фиг. 229.

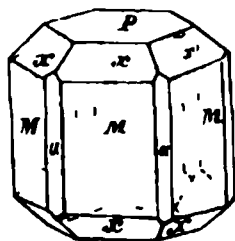
стояніяхъ, но въ иномъ порядкѣ, вертикальную ось обѣ эти грани пересѣкаютъ на разстояніи mc . — Мы имѣемъ, слѣдовательно, для грани p' , параметры $1:2:m$, индексы $2m, m, 2$, такъ какъ переходимъ отъ $1:2:m$ къ $\frac{1}{m} : \frac{2}{m} : \frac{1}{1}$ и $\frac{1}{2m} : \frac{1}{m} : \frac{1}{2}$; для грани p' , индексы $m, 2m, 2$, такъ какъ мы переходимъ отъ $2:1:m$ къ $\frac{2}{m} : \frac{1}{m} : \frac{1}{1}$ и $\frac{1}{m} : \frac{1}{2m} : \frac{1}{2}$ обѣ грани p' и p' , индексы которыхъ $(2m, m, 2)$ и $(m, 2m, 2)$, образуютъ одну зону съ гранью основной пирамиды 1-го рода p , индексы которой (111) , слѣдовательно, мы можемъ составить уравненіе

$$\begin{array}{r|ccc|c} 2m & m & 2 & 2m & m & 2 \\ & \times & \times & \times & & \\ m & 2m & 2 & m & 2m & 2 \\ \hline (2m-4m) & (2m-4m) & (4m^2-m^2) & & & \end{array}$$

умножаемъ выраженія въ скобкахъ на индексы грани p (111) , складываемъ ихъ и приравниваемъ сумму нулю, раскрывая затѣмъ скобки, мы получаемъ $-4m + 3m^2 = 0$, отсюда $m = \frac{4}{3}$, слѣдовательно, параметры гра-

ней p' , и p' , будутъ $1:2:\frac{4}{3}$ и $2:1:\frac{4}{3}$, объ эти грани принадлежать пирамидѣ $\frac{4}{3}P_2$: если мы захотимъ воспользоваться четырьмя осями системы и индексами, то для плоскости p' , имѣемъ $(22\bar{4}3)$.

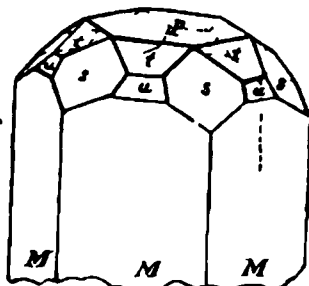
Фиг. 230 представляетъ комбинацію слѣдующихъ формъ:



Фиг. 230.

$$\begin{aligned} M &= \infty P \{10\bar{1}0\}, \text{ и } p\bar{1} \\ x &= m P \{h0\bar{h}l\}, \text{ и } m, p, \bar{1} \\ P &= 0P \{0001\}, \text{ ось } z \\ a &= \infty P_2 \{11\bar{2}0\}, \text{ и } p_2 \end{aligned}$$

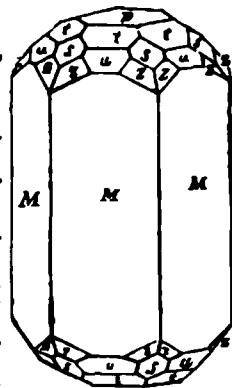
Фиг. 231 представляетъ комбинацію: $M = \infty P \{10\bar{1}0\}$, $t = P \{10\bar{1}1\}$, $u = 2P \{20\bar{2}1\}$, это двѣ пирамиды основнаго ря-



Фиг. 231.

да—основная и острѣйшая; $s = 2P_2 \{11\bar{2}1\}$ —пирамида 2-го рода острѣйшая.

Фиг. 232 представляетъ комбинацію всѣхъ предыдущихъ формъ (сравн. фиг. 232) и s , $s...$ дигексагональную пирамиду $3P\frac{3}{2}\{3211\}$. Очевидно, здѣсь комбинаціонные ребра $t:p$, $t:u$, $u:M$ всѣ параллельны основнымъ ребрамъ гексагональной пирамиды 1-го рода. $t:s:s:M$ образуютъ также зону (сравн. фиг. 74, стр. 39).



Фиг. 232.

Геміэдрія гексагональной системы.

Для опредѣленія различныхъ способовъ геміэдріи гексагональной системы мы поступаемъ также, какъ и въ системѣ тетрагональной: беремъ самую сложную изъ простыхъ, не комбинаціонныхъ, формъ системы, и отмѣчаемъ на ней грани и группы граней, которыя исчезаютъ и развиваются въ законномъ порядкѣ. Для болѣе нагляднаго представленія измѣненій симметріи въ отдѣльныхъ случаяхъ геміэдріи, мы воспользуемся схематическимъ чертежемъ общей формы гексагональной системы также, какъ пользовались соотвѣтствующимъ чертежемъ при изученіи геміэдріи тетрагональной системы.

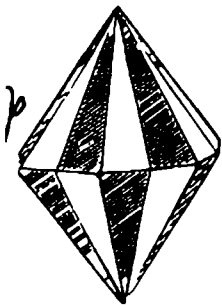
Разсматривая геміэдрію гексагональной системы вообще, мы измѣнимъ порядокъ, которому слѣдовали при общемъ обзорѣ случаевъ геміэдріи тетрагональной системы.

1. Прежде всего мы рассмотримъ тотъ случай, который связанъ съ исчезаніемъ въ дигексагональной пирамидѣ отдѣльныхъ плоскостей, при этомъ получаютъ формы *платиэдрическія*. Поставимъ дигексагональную

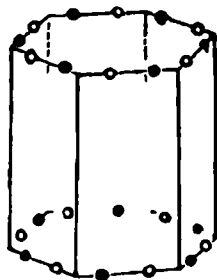
пирамиду такъ, чтобъ главная ось была направлена вертикально, одна изъ боковыхъ плоскостей симметріи, направлена къ наблюдателю, тогда, изъ четырехъ граней дигексагональной пирамиды, сходящихся у этой плоскости симметріи и взаимнымъ пересѣченіемъ образующихъ вершину ромбическаго угла, въ которомъ выходитъ данная боковая ось, исчезаютъ или правая верхняя и лѣвая нижняя, или — лѣвая верхняя и правая нижняя.

Такой порядокъ исчезанія граней дигексагональной пирамиды, въ связи съ развитіемъ остающихся граней до взаимнаго пересѣченія, обуславливаетъ полученіе геміэдрическихъ формъ *правой* и *лѣвой*, въ зависимости отъ того, которая изъ граней дигексагональной пирамиды, расположенныхъ въ указанномъ порядкѣ, развивается: *правая верхняя* или *лѣвая верхняя*.

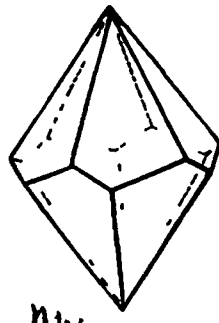
Порядокъ исчезанія граней дигексагональной пирамиды указанъ на ея изображеніи (фиг. 233а) и на схематическомъ чертежѣ (фиг. 233б), на этомъ чертежѣ видно, что симметрія гексагональной системы измѣняется здѣсь слѣдующимъ образомъ: исчезаетъ центръ симметріи, такъ какъ, мысленно соединяя одинъ изъ уничтоженныхъ кружковъ съ цен-



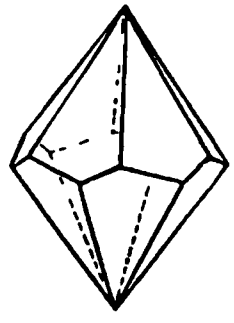
Фиг. 233 а.



Фиг. 233 б.



Фиг. 234 а.



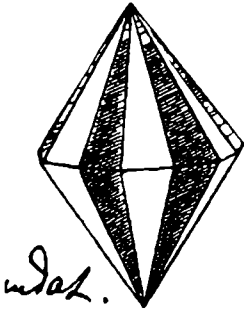
Фиг. 234 б.

тральной точкою кристалла прямою линіею, мы, при продолженіи этой прямой, должны встрѣтить кружокъ неуничтоженный, и наоборотъ; исчезаютъ всѣ плоскости симметріи—въ этомъ легко убѣдиться, если проводить чрезъ вертикальныя ребра гексагональной призмы, изображенной на чертежѣ, или-же перпендикулярно ея гранямъ, всѣ тѣ плоскости, которыя характеризуютъ симметрію гексагональной системы; всѣ оси симметріи остаются. Очевидно, обѣ формы, полученныя изъ дигексагональной пирамиды, *правая* и *лѣвая* (фиг. 234а и б), не совместиы между собою, подобно гидроэдрамъ кубической системы и трапецоэдрамъ системы тетрагональной—онѣ ограничены трапецоидами, которые, взаимно пересѣкаясь, образуютъ ребра трехъ родовъ: 6 полярныхъ однородныхъ, 6 длинныхъ и 6 короткихъ реберъ, расположенныхъ зигзагомъ. Углы два вершинные шестигранные и двѣнадцать трехгранныхъ неправильныхъ, соотвѣтствующихъ среднимъ ребрамъ. Геміэдриа эта называется трапецо-

эдрической или пинаэдрической геміэдрию гексагональной системы: знакъ формъ, получаемыхъ изъ дигексагональной пирамиды, двухъ трапецеэдровъ:

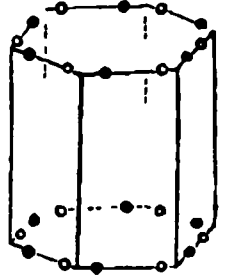
$$\text{пр. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \tau \{h\bar{i}kl\}, \text{ лѣв. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \tau \{h\bar{k}il\}.$$

2. Въ дигексагональной пирамидѣ исчезаютъ и развиваются пары плоскостей, сходящіяся въ основномъ сѣченіи, въ порядкѣ указанномъ на фиг. 235 и на схематическомъ чертежѣ (фиг. 236). При этомъ мы



Фиг. 235.

придерживаемся такого-же порядка, который наблюдается въ соответствующей геміэдриі тетрагональной системы. Почтывая дигексагональную пирамиду такъ, чтобъ главная ось была вертикальна, а одна изъ боковыхъ осей и соответствующая ей плоскость симметріи направлялись къ наблюдателю, мы видимъ, что изъ двухъ паръ граней



Фиг. 236.

пирамиды, сходящихся у этой плоскости симметріи и взаимнымъ пересѣченіемъ образующихъ ромбическій уголъ, въ вершинѣ котораго выходитъ данная боковая ось, можетъ исчезать правая пара, тогда развиваются лѣвыя грани—или исчезаетъ лѣвая пара, развиваются правыя грани; соответственно этому, изъ дигексагональной пирамиды образуются двѣ гексагональныя пирамиды 3-го рода:

$$\left[\frac{mPn}{2} \right] \text{ или } \pi \{hikl\}, - \left[\frac{mPn}{2} \right] \text{ или } \pi \{h\bar{k}il\}.$$

Геміэдрия называется пирамидалъною, получаемыя формы по внѣшности не отличаются отъ гексагональныхъ пирамидъ 1-го и 2-го рода, но отличаются отъ нихъ положеніемъ въ комбинаціяхъ, такъ какъ, относя пирамиды 3-го рода къ осямъ координатъ общимъ для полногранныхъ формъ, мы видимъ, что главная кристаллографическая ось соединяетъ вершины гексагональныхъ угловъ, но боковыя оси переходятъ чрезъ ребра основного сѣченія, косвенно, раздѣляя ихъ на двѣ неравныя части (сравн. фиг. 223 и 244).

Здѣсь остается центръ симметріи, ось 6-го порядка и плоскость симметріи ей перпендикулярная. Иногда гексагональныя пирамиды 3-го рода, подобно такимъ-же формамъ системы тетрагональной и по тѣмъ же соображеніямъ, обозначаютъ: $\frac{\text{пр. } mPn}{\text{лѣв. } \frac{mPn}{2}}$ и $\frac{\text{лѣв. } mPn}{\text{пр. } \frac{mPn}{2}}$. Очевидно, онѣ суть формы взаимно совмѣстимыя.

3. Въ дигексагональной пирамидѣ исчезаютъ всѣ нижнія грани или-же всѣ верхнія грани, такая геміэдрия приурочивается къ главной плоскости симметріи и называется гемиморфизмомъ (сравн. систему те-

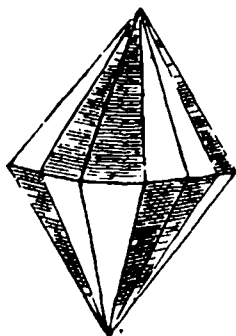
трагональную стр. 87), такъ какъ при этомъ дигексагональная пирамида, какъ бы раздѣляется на двѣ половины, верхнюю и нижнюю, которыя, будучи формами открытыми, существуютъ лишь въ комбинаціяхъ. Каждая изъ такихъ гемиморфныхъ пирамидъ, очевидно, не имѣетъ центра симметріи, главной плоскости симметріи и осей симметріи 2-го порядка, существуетъ ось 6-го порядка, три плоскости симметріи боковыя и три діагональныя; оси кристаллографическія располагаются относительно граней также, какъ въ формѣ полногранной.

Формы *верхняя* и *нижняя* имѣютъ знаки:

$$\text{верх. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha \{h\bar{i}k\bar{l}\} \text{ и нижн. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha \{hik\bar{l}\}$$

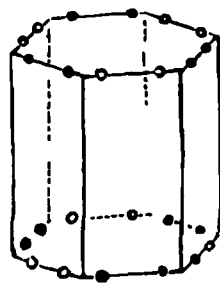
гемиморфизмъ называется также *антигеміэдриєю*.

4. Въ дигексагональной пирамидѣ исчезаютъ и развиваются пары граней, расположенныя въ поперемѣнныхъ додекантахъ (фиг. 237а) такъ,



Фиг. 237 а.

что остающемуся додеканту, расположенному *выше* главного сѣченія, соответствуетъ исчезающій додекантъ, который расположенъ *ниже* главного сѣченія (или наоборотъ). Разсматривая схематическій чертежъ (фиг. 237 b), соответствующій этой геміэдриі, мы видимъ, какъ при этомъ измѣняется симметрія гексагональной системы: должна отсутствовать главная плоскость, такъ какъ исчезающему верхнему додеканту

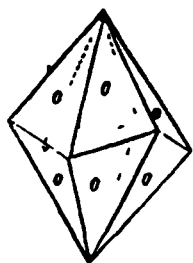


Фиг. 237 b.

соответствуетъ нижній остающійся или наоборотъ; діагональныя плоскости симметріи остаются, такъ какъ онѣ проходятъ чрезъ додеканты, боковыя плоскости симметріи отсутствуютъ, такъ какъ онѣ располагаются между смежными додекантами, изъ которыхъ одинъ остается, а другой исчезаетъ; ось 6-го порядка, очевидно, дѣлается осью 3-го порядка, боковыя оси симметріи остаются и порядокъ ихъ не измѣняется, діагональныя оси отсутствуютъ.

Изъ дигексагональной пирамиды получаютъ два гексагональные скаленоедра:

$$+\frac{mPn}{2} \text{ или } \rho \{h\bar{i}k\bar{l}\} \text{ и } -\frac{mPn}{2} \text{ или } \rho \{hik\bar{l}\}$$



Фиг. 238.

геміэдриа эта называется *ромбоэдрическою* или *скаленоедрическою*, знаки + и — указываютъ на совмести-мость геміэдрическихъ формъ между собою; формы эти (фиг. 238) ограничены 12 неравносторонними треугольниками (скалена), образующими, при взаимномъ пересѣченіи, 6 однородныхъ реберъ, расположенныхъ зигзагомъ, 3 полярные ребра, соответствующія остающимся

полярнымъ ребрамъ дигексагональной пирамиды, три полярныя ребра надъ исчезающими додскантами дигексагональной пирамиды. Вершинные углы дитригональные, остальные углы, числомъ шесть, четырехгранные неправильные. Главная кристаллографическая ось проходитъ черезъ вершины дитригональныхъ угловъ, боковыя оси проходятъ черезъ середины реберъ, расположенныхъ зигзагомъ. Три плоскости симметріи проходятъ черезъ полярныя ребра.

5. Въ дигексагональной пирамидѣ исчезаютъ и развиваются въ поперебѣнномъ порядкѣ группы граней, сходящихся по четыре въ плоскостяхъ симметріи. При этихъ условіяхъ, изъ дигексагональной пирамиды образуется пирамида дитригональная. Въ ней остается главная плоскость симметріи, три плоскости и три оси симметріи діагональныя, ось симметріи 6-го порядка дѣлается осью 3-го порядка, центръ симметріи отсутствуетъ.

Изъ дигексагональной пирамиды, по этому способу геміэдриі, называемой дитригональною, получаютъ двѣ совмѣстимыя формы. Подробно мы ихъ разсматривать не будемъ, такъ какъ формы этой геміэдриі до сихъ поръ не были наблюдаемы.

Геміэдриа ромбоэдрическая и геміэдриа дитригональная имѣютъ общій характерный признакъ: существованіе оси симметріи 3-го порядка, имѣющей свойства главной оси симметріи.

Мы переходимъ теперь къ частному обзору геміэдрическихъ формъ гексагональной системы.

Геміэдриа трапецоэдрическая.

Въ этой геміэдриі, изъ всѣхъ формъ гексагональной системы, только дигексагональная пирамида даетъ формы отличныя отъ полногранныхъ, такъ какъ въ другихъ формахъ каждой отдѣльной грани дигексагональной пирамиды соотвѣтствуютъ части граней. Дигексагональная пирамида даетъ два трапецоэдра, правый и лѣвый, обозначеніе и характеристика этихъ формъ даны выше. Къ этой характеристикѣ мы прибавимъ, что ребра и углы трапецоэдровъ отличаются отъ реберъ и угловъ въ дигексагональной пирамидѣ; симметрія опредѣляется существованіемъ всѣхъ осей симметріи свейственныхъ гексагональной системѣ, отсутствіемъ центра симметріи и плоскостей симметріи; гексагональные трапецоэдры до сихъ поръ не были наблюдаемы ни отдѣльно, ни въ комбинаціяхъ — немногочисленные примѣры формъ, относимыхъ къ этой геміэдриі, представляютъ по внѣшности комбинаціи формъ полногранныхъ, но, какъ показываетъ изслѣдованіе ихъ граней при помощи фигуръ раздѣданія, группировка вещества въ ихъ массѣ соотвѣтствуетъ симметріи гексагональныхъ трапецоэдровъ (сравни. квадр. сист.).

По сравненію съ симметрію полногранныхъ формъ:

$$C, \Lambda^6, 3L^2, 3L^2, \Pi, 3P, 3P'$$

симметрія трапецоэдрической геміэдріи выражается:

$$0C, \Lambda^6, 3L^2, 3L^2, 0\Pi, 0P, 0P'.$$

Геміэдрія пирамидальная.

По сравненію съ симметрію полногранныхъ формъ.

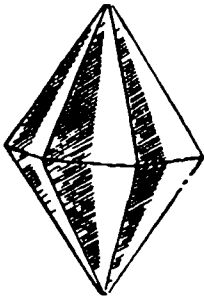
$$C, \Lambda^6, 3L^2, 3L^2, \Pi, 3P, 3P'$$

симметрія пирамидальной геміэдріи выражается:

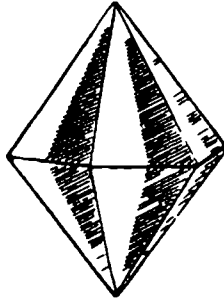
$$C, \Lambda^6, 0L^2, 0L^2, \Pi, 0P, 0P'.$$

Гексагональная пирамида 1-го рода. Форма эта, подвергалась пирамидальной геміэдріи, наружнаго вида не измѣняетъ. такъ какъ парамъ граней дигексагональной пирамиды, пересѣкающимся въ ребрахъ основнаго сѣченія, здѣсь соотвѣтствуютъ половины граней (фиг. 239).

То же мы должны сказать относительно пирамиды 2-го рода (фиг. 240), призмы 1-го рода (фиг. 241), призмы 2-го рода (фиг. 242) — всѣ



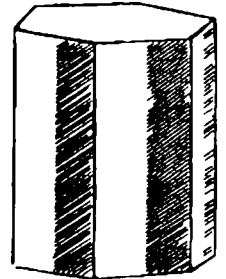
Фиг. 239.



Фиг. 240.



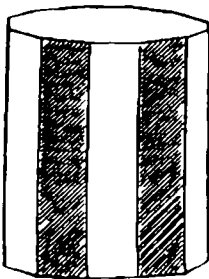
Фиг. 241.



Фиг. 242.

эти формы въ пирамидальной геміэдріи, очевидно, наружнаго вида не измѣняютъ

Дигексагональная призма. Въ этой формѣ каждая грань, по положенію, соотвѣтствуетъ парѣ граней дигексагональной пирамиды, пересѣкающихся въ ребрахъ основнаго сѣченія (фиг. 243). Въ зависимости отъ того, какія грани въ дигексагональной призмѣ развиваются, заштрихованные или незаштрихованные, мы получаемъ двѣ призмы гексагональныя 3-го рода



Фиг. 243.

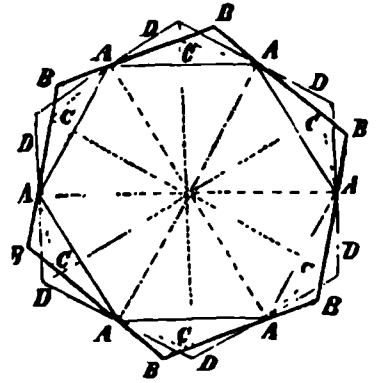
$$\left[\frac{mPn}{2} \right] \text{ или } \pi \{h\bar{i}k\bar{l}\} \text{ и } - \left[\frac{mPn}{2} \right] \text{ или } \pi \{h\bar{i}k\bar{l}\}$$

формы совмѣстимыя, не отличающіяся по наружному виду отъ призмъ 1-го и 2-го рода.

Дигексагональная пирамида. Форма эта, въ пирамидальной геміэдріи, распадается на двѣ гексагональныя пирамиды 3-го рода, описаніе которыхъ съ полною подробностью сдѣлано выше.

Въ виду того, что формы 3-го рода происходят здѣсь изъ формъ дигексагональныхъ, положеніе ихъ въ комбинаціи съ формами 1-го и 2-го рода соответствуетъ положенію граней дигексагональныхъ формъ.

Если (фиг. 244) $А А А А А А$ главное сѣченіе формы 1-го рода, $В В В В В В$ — формы 2-го рода, $С С С С С С$ — формы дигексагональной, то $В В В В В В$ представляетъ главное сѣченіе формы 3-го рода, полученной изъ формы дигексагональной; такимъ образомъ, въ комбинаціи всѣхъ этихъ формъ, грани формы 2-го рода симметрично притупляютъ ребра формы 1-го рода, грани формы 3-го рода косвенно притупляютъ ребра, образованныя гранями формъ 1-го и 2-го рода.



Фиг. 244.

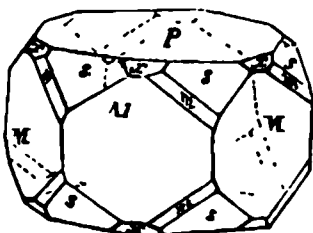
Мы уже видѣли, что формы 3-го рода можно обозначать также:

$\frac{\text{пр. } m P n}{\text{лѣв. } 2}$ и $\frac{\text{лѣв. } m P n}{\text{пр. } 2}$, $\frac{\text{пр. } \infty P n}{\text{лѣв. } 2}$ и $\frac{\text{лѣв. } \infty P n}{\text{пр. } 2}$, значеніе этихъ выраженій, извѣстное изъ предыдущаго, можетъ быть иллюстрировано также помощью чертежа 244.

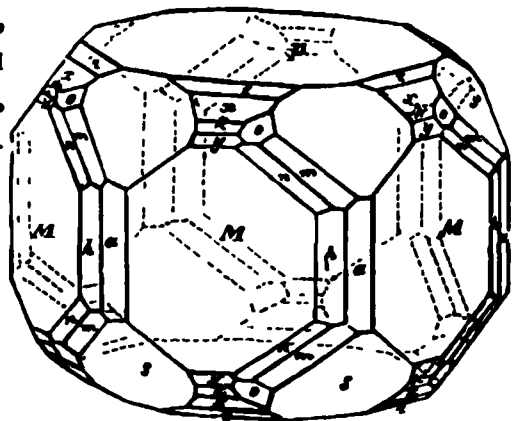
Комбинаціи формъ пирамидальной гемиздріи.

Соединяя ребра призмы M (фиг. 245) прямыми линіями, соответствующими боковымъ кристаллографическимъ осямъ, мы опредѣляемъ эту призму, какъ форму 1-го рода $M = \infty P \{10\bar{1}0\}$, P — основной пинаконтъ $OP \{0001\}$; принимая x за основную пирамиду 1-го рода $P \{10\bar{1}1\}$, мы опредѣляемъ s , какъ пирамиду 2-го рода $2P2 \{11\bar{2}1\}$, m пирамида 3-го рода $\frac{3}{2} P\frac{3}{2} \{21\bar{3}1\}$.

Болѣе сложную комбинацію, представленную на фиг. 246, мы будемъ разсматривать въ связи съ предыдущей комбинаціею. Та-



Фиг. 245.



Фиг. 246.

кимъ образомъ, мы отмѣтимъ существованіе всѣхъ формъ, приведенныхъ

выше, кромѣ того острѣйшую пирамиду 1-го рода $y = 2P\{2\ 0\ \bar{2}\ 1\}$ и другую $k = \frac{3}{2}P\{3\ 0\ \bar{3}\ 2\}$; тупѣйшую пирамиду 1-го рода $r = \frac{1}{2}P\{1\ 0\ \bar{1}\ 2\}$;

грани α находятся одновременно въ зонѣ призмы M и пирамиды 2-го рода S , слѣдовательно, это призма 2-го рода;

грани ε , очевидно, тоже призматическія, находятся въ одной зонѣ съ пирамидою 3-го рода $m = \frac{3}{2}P^{1/2}\{2\ 1\ \bar{3}\ 1\}$, слѣдовательно, эта призма 3-го рода $\frac{\infty P^{3/2}}{2}\{2\ 1\ \bar{3}\ 0\}$;

o и n соотвѣтствуютъ пирамидамъ 3-го рода, принадлежащимъ другому ряду: $o = \frac{2}{2}P^{4/2}\{4\ 3\ \bar{1}\ 2\}$, $n = \frac{4}{2}P^{4/2}\{4\ 3\ \bar{1}\ 1\}$.

Геміэдрія гемиморфная.

Геміэдрія гемиморфная формъ гексагональной системы исполнѣ аналогична такой же геміэдріи формъ квадратной системы: мы приурочиваемъ здѣсь грани исчезающія и остающіяся къ главной плоскости симметріи системы; мы могли бы приурочивать также эти группы плоскостей къ концамъ главной оси системы такъ, что грани дигексагональной пирамиды, сходящіяся у *верхняго* или-же *нижняго* конца этой оси, развиваются или-же исчезаютъ.

По сравненію съ симметріею полногранныхъ формъ

$$C, A^6, 3L^2, 3L^2, \Pi, 3P, 3P,$$

симметрія геміэдріи гемиморфной выражается

$$OC\ A^6, OL^2, OL^2, O\Pi, 3P, 3P'.$$

Основному пинакoidу здѣсь соотвѣтствуютъ двѣ отдѣльныя плоскости, верхняя и нижняя, параллельныя главному сѣченію:

$$\text{верх. } \frac{OP}{2} \text{ или } \alpha\{0001\} \text{ и нижн. } \frac{OP}{2} \text{ или } \alpha\{000\bar{1}\}.$$

Пирамидамъ гексагональнымъ 1-го и 2-го рода, также пирамидѣ дигексагональной соотвѣтствуютъ, здѣсь, каждой, по двѣ группы плоскостей, верхняя и нижняя, такимъ образомъ, мы имѣемъ:

$$\text{верх. } \frac{mP}{2} \text{ или } \alpha\{i0\bar{i}l\} \text{ и нижн. } \frac{mP}{2} \text{ или } \alpha\{i0i\bar{l}\},$$

$$\text{верх. } \frac{mP2}{2} \text{ или } \alpha\{ii\bar{2}i\bar{l}\} \text{ и нижн. } \frac{mP2}{2} \text{ или } \alpha\{ii2\bar{i}\bar{l}\},$$

$$\text{верх. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha\{ih\bar{k}l\} \text{ и нижн. } \frac{mPn}{2} \text{ или } \alpha\{ihk\bar{l}\}.$$

Призмы гексагональныя 1-го и 2-го рода, также призмы дигексагональныя, подвергаясь гемиморфизму, очевидно, не измѣняютъ наружнаго вида.

Кристаллографическая постановка здѣсь такая же, какъ у формъ полногранныхъ.

Формы верхнія и нижнія, при поворотѣ на 180° около боковой кристаллографической оси, взаимно совмѣщаются.

Примѣромъ комбинации формъ, принадлежащихъ къ гемиморфной геміэдри гексагональной системы, можетъ служить минераль гринокитъ (CdS), на одномъ концѣ кристалла мы имѣемъ:

$$0P \{0001\}, \frac{1}{2} P \{10\bar{1}2\}, P \{10\bar{1}1\}, 2P \{20\bar{2}1\}, \infty P \{10\bar{1}0\};$$

на другомъ концѣ:

$$0P \{000\bar{1}\}, \frac{1}{2} P \{10\bar{1}\bar{2}\}, \infty P \{10\bar{1}0\}.$$

Геміэдриа ромбоэдрическая или скаленоэдрическая.

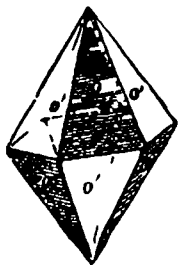
По сравненію съ симметріею полногранныхъ формъ

$$C, \Lambda^6, 3L^2, 3L', \Pi, 3P, 3P'$$

симметрія ромбоэдрической геміэдри выражается

$$C, \Lambda^2, 3L^2, 0L', 0\Pi, 0P, 3P'.$$

Гексагональная пирамида 1-го рода. Въ этой формѣ, по ромбоэдрической геміэдри, исчезаютъ и развиваются отдѣльныя грани, расположенныя въ поперемѣнныхъ додекантахъ (фиг. 247), очевидно, каж-

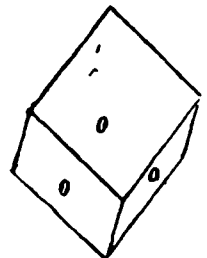


Фиг. 247.

дая такая грань соотвѣтствуетъ парѣ граней дигексагональной пирамиды, такимъ образомъ получается ромбоэдръ 1-го рода (фиг. 248).

Каждой пирамидѣ 1-го рода соотвѣтствуетъ два ромбоэдра:

$$\frac{mP}{2} \text{ или } p \{h0\bar{h}l\} \text{ и } -\frac{mP}{2} \text{ или } p \{h0h\bar{l}\}.$$



Фиг. 248.

Оба ромбоэдра, положительный и отрицательный, различаются лишь положеніемъ въ комбинаціяхъ.

Ромбоэдръ ограниченъ шестью ромбами, которые, взаимнымъ пересѣченіемъ, образуютъ шесть однородныхъ среднихъ реберъ, расположенныхъ зигзагомъ, и $3 + 3 = 6$, полярныя ребра. по положенію соотвѣтствующія исчезнувшимъ гранямъ пирамиды, представляющія результатъ взаимнаго пересѣченія остающихся граней гексагональной пирамиды.

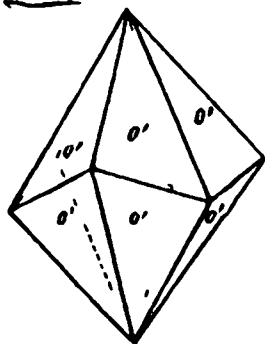
Два вершинные угла трехгранные правильные; шесть среднихъ угловъ — трехгранные неправильные. Главная кристаллографическая ось соединяетъ вершины трехгранныхъ правильныхъ угловъ, боковыя оси соединяютъ середины реберъ, расположенныхъ зигзагомъ.

Въ ромбоэдрѣ опредѣляются три пары граней взаимно параллельныхъ: такъ что, взявъ, на примѣръ, три верхнія грани, образующія вершинный уголъ, мы видимъ, что каждая изъ нихъ имѣетъ себѣ параллельную между нижними гранями того-же ромбоэдра.

Въ зависимости отъ значенія коэффициента въ знкѣ ромбоэдра $\frac{mP}{2}$ (соотвѣтственно, въ зависимости отъ значеній индексовъ h и l), мы имѣемъ рядъ ромбоэдровъ, при чемъ измѣняется ихъ форма, и, соотвѣтственно, величина угловъ.

При $m > 1$ получаются острѣйшіе ромбоэдры, при $m < 1$ — тупѣйшіе ромбоэдры; предѣломъ острѣйшихъ ромбоэдровъ, при $m = \infty$ или $l = 0$, является гексагональная призма 1-го рода; предѣломъ тупѣйшихъ ромбоэдровъ, при $m = 0$ или $h = 0$, является основной пинакоидъ.

Гексагональная пирамида, подвергаясь этой геміэдріи, даетъ два гексагональные скаленоэдра (фиг. 249 и 238).



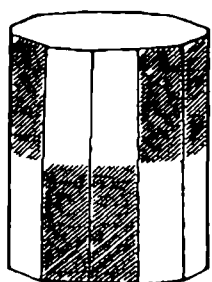
Фиг. 249.

$$\frac{mPn}{2} \text{ или } p \{hikl\} \text{ и } -\frac{mPn}{2} \text{ или } p \{hik\bar{l}\};$$

въ дополненіе къ описанію этихъ формъ, сдѣланному выше, мы дадимъ слѣдующее сопоставленіе гексагональнаго скаленоэдра съ ромбоэдромъ: пусть кристаллографическія оси ихъ будутъ взаимно параллельны, тупое полярное ребро скаленоэдра по положенію соотвѣтствуетъ грани ромбоэдра, острое полярное ребро скаленоэдра по положенію соотвѣтствуетъ полярному ребру ромбоэдра, боковыя оси

расположены аналогично у ромбоэдра и скаленоэдра, такъ онѣ у обѣихъ формъ выходятъ въ срединѣхъ реберъ, расположенныхъ зигзагомъ—одна изъ осей выходитъ справа, другая слѣва, если ромбоэдръ къ наблюдателю повернуть гравью, а скаленоэдръ, въ аналогичномъ положеніи, повернуть двумя гранями, образующими тупой уголъ. Каждой грани ромбоэдра соотвѣтствуетъ другая, ей параллельная; парѣ граней скаленоэдра соотвѣтствуетъ другая пара ей параллельныхъ граней.

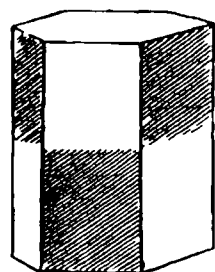
Если повернуть скаленоэдръ около вертикальной оси такъ, чтобъ



Фиг. 250

грани ромбоэдра соотвѣтствовало острое ребро скаленоэдра, то данный ромбоэдръ и данный скаленоэдръ относятся взаимно, какъ формы положительная и отрицательная.

Остальныя многогранныя формы гексагональной системы, подвергаясь этой геміэдріи, не измѣняютъ, наруж-



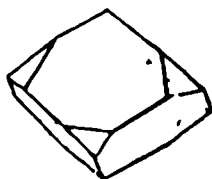
Фиг. 251.

ваго вида; въ призмѣ дигексагональной, гексагональной призмѣ 1-го рода (фиг. 250 и 251), также въ гексагональной призмѣ и пирамидѣ 2-го рода и въ основномъ пинакоидѣ, по способу ромбоэдрической геміэдриі, должны исчезать части плоскостей, а не отдѣльныя грани, какъ въ пирамидѣ 1-го рода, и не группы граней, какъ въ дигексагональной пирамидѣ.

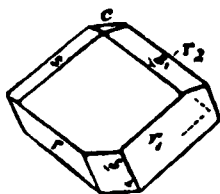
Комбинація формъ ромбоэдрической геміэдриі.

При разборѣ комбинаціонныхъ формъ, принадлежащихъ къ ромбоэдрической или скаленоэдрической геміэдриі гексагональной системы, ось ZZ' совмѣщаютъ съ осью симметріи 3-го порядка, боковыя оси проводятъ такъ, чтобъ онѣ совпадали съ осями симметріи 2-го порядка, къ этимъ осямъ координатъ ZZ' , XX' YY' и WW' относятъ плоскости, ограничивающія кристаллы, и опредѣляютъ такимъ образомъ отдѣльныя формы, вступающія въ комбинацію. Мы рассмотримъ нѣкоторые типичные примѣры

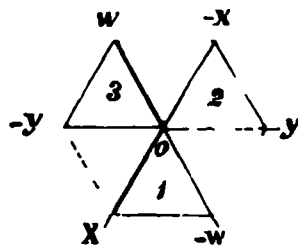
Фиг. 252. Комбинація двухъ ромбоэдровъ 1-го рода, положительнаго и отрицательнаго: здѣсь плоскости одного ромбоэдра должны симметрично притуплять ребра другого ромбоэдра: обыкновенно преобладающій по развитію ромбоэдръ принимаютъ, какъ положительный $\frac{mP}{2} \{h\ 0\ \bar{h}\ l\}$, подчиненный ромбоэдръ, притупляющій ребра положительнаго ромбоэдра, очевидно, будетъ отрицательный $-\frac{mP}{2} \{h\ 0\ \bar{h}\ \bar{l}\}$.



Фиг. 252.



Фиг. 253.



Фиг. 254.

Фиг. 253. Комбинація двухъ ромбоэдровъ и основнаго пинакоида; обозначая преобладающій ромбоэдръ r_1 , $r_2 = \frac{mP}{2} \{h\ 0\ \bar{h}\ l\}$, будемъ имѣть отрицательный ромбоэдръ s , $s = -\frac{m'P}{2} \{h\ 0\ \bar{h}\ \bar{l}\}$. c — основной пинакоидъ (базисъ) $= 0\ P\ \{0\ 0\ 0\ 1\}$. Полагая $m = 1$, мы принимаемъ $r_1, r_2, \dots = \frac{P}{2} \{1\ 0\ \bar{1}\ 1\}$, основнаго ромбоэдра, тогда $m' = \frac{1}{2}$, что легко вычислить, и $s, s_1, \dots = -\frac{1/2P}{2} \{1\ 0\ \bar{1}\ 2\}$, первый тупѣйшій отрицательный ромбоэдръ.

Самое вычисленіе производится слѣдующимъ образомъ: (фиг. 254) пусть, O центръ ромбоэдра, $X—X$, $Y—Y$, $W—W$ боковыя оси; 1,

2 и 3 соответствуют верхнимъ гранямъ ромбоэдра r_1, r_2, r_3 , плоскость 1 образуетъ слѣдующіе параметры

$$\begin{aligned} & 1 \text{ по оси } X-X \\ & \infty \text{ по оси } Y-Y \\ & 1 \text{ по оси вертикальной } ZZ', \end{aligned}$$

индексы этой плоскости, очевидно 101; плоскость 2 образуетъ слѣдующіе параметры

$$\begin{aligned} & -1 \text{ по оси } X-X \\ & 1 \text{ по оси } Y-Y \\ & 1 \text{ по оси вертикальной } ZZ' \end{aligned}$$

индексы этой плоскости по тѣмъ-же осямъ, очевидно, $\bar{1}11$; плоскость 3, образуетъ по оси $X-X$ параметръ ∞ , по оси $Y-Y$ параметръ $= 1$, по оси ZZ' параметръ $= m$, индексы ея по тѣмъ-же осямъ получаются слѣдующимъ образомъ:

$$\infty : 1 : m, \text{ отсюда } \frac{1}{0} \quad \frac{1}{m} \quad \frac{1}{1}, \text{ индексы } 0 \ m \ 1$$

три грани r_1, r_2, r_3 (фиг. 253) лежатъ въ одной зонѣ, на фиг. 254 имѣемъ 1 соответственню r_1 , 2 соответственню r_2 , мы составимъ уравненіе.

$$\begin{array}{rcl} 1) & 1 & 0 \ 1 \ 1 \ 0 | 1 \\ & \times & \times \times \times \\ 2) & . & \frac{1}{1} | 1 \ 1 \ \bar{1} \ 1 | 1 \\ \hline & & (0-1) \ (\bar{1}-1) \ (1-0) \end{array}$$

умножаемъ скобки, соответственню, на 0, m , 1, складываемъ и приравниваемъ 0

$$0 (0-1) + m (\bar{1} - 1) + 1 (1 - 0) = 0, \text{ отсюда } -2m = -1 \text{ и } m = \frac{1}{2}$$

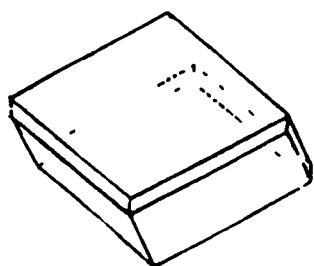
принимая во вниманіе всѣ три боковыя оси, мы имѣемъ слѣдующія обозначенія, соответственню осямъ $X-X$, $Y-Y$, $W-W$ и ZZ'

$$r_1 \{10\bar{1}1\}, r_2 \{\bar{1}011\}, r_3 \{01\bar{1}2\}.$$

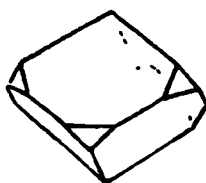
Фиг. 256 представляетъ комбинацію скаленоэдра съ призмою 1-го рода, что ясно видно изъ сопоставленія этого чертежа съ фиг. 257: здѣсь призма срѣзываетъ симметрично четырехгранные углы скаленоэдра, боковыя оси котораго выходятъ въ мѣстахъ встрѣчи двухъ смежныхъ граней призмы. Подобнымъ же образомъ расположены грани призмы 1-го рода по отношенію къ элементамъ ограниченія ромбоэдра (фиг. 255) 1-го рода, симметрично срѣзывая шесть его трехгранныхъ угловъ.

Фиг. 257 представляет комбинацію скаленоедра и призмы 2-го рода: очевидно, грани, расположенныя параллельно оси 3-го порядка и притупляющія симметрично ребра скаленоедра, расположенныя зигзагомъ, должны принадлежать призмѣ 2-го рода, такъ какъ онѣ перпендикулярны боковымъ осямъ скаленоедра; такимъ-же точно образомъ фиг. 258 представляетъ комбинацію основнаго ромбоэдра

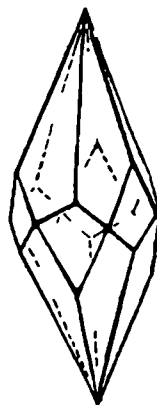
съ призмою 2-го рода, такъ какъ боковыя оси соединяють среднія ребра ромбоэдра, расположенныхъ зигза-



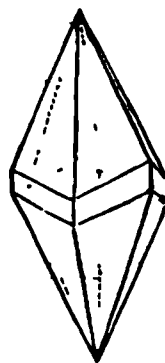
Фиг. 258.



Фиг. 255.



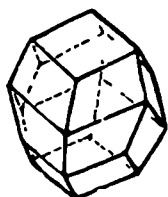
Фиг. 256.



Фиг. 257.

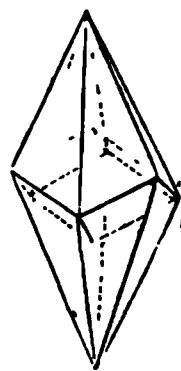
гомъ, располагаясь къ нимъ перпендикулярно, а грани, перпендикулярныя боковымъ осямъ, принадлежатъ призмѣ 2-го рода, которая, такимъ образомъ, должна притуплять симметрично среднія ребра ромбоэдра 1-го рода.

Фиг. 259 представляетъ комбинацію скаленоедра съ ромбоэдромъ, легко показать, что если здѣсь знакъ скаленоедра $\frac{mPn}{2}$, то въ знакѣ ромбоэдра $\frac{m'P}{2}$ значеніе коэффициента m' связано съ частнымъ значеніемъ m и n въ скаленоедрѣ: здѣсь комбинаціонныя ребра даннаго ромбоэдра съ даннымъ скаленоедромъ параллельны среднимъ ребрамъ этого скаленоедра и параллельны вершиннымъ ребрамъ ромбоэдра, слѣдовательно грани ромбоэдра находятся въ одной зонѣ съ гранями скаленоедра, соотвѣтствующимъ образомъ расположенными.



Фиг. 259.

Если, въ этой комбинаціи, будемъ мысленно подвигать всѣ грани ромбоэдра параллельно самимъ себѣ внутрь скаленоедра до тѣхъ поръ, пока комбинаціонныя ребра

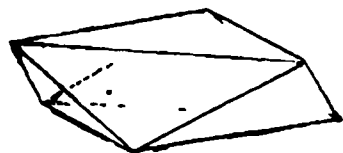


Фиг. 260.

ромбоэдра со скаленоедромъ, верхнія и нижнія, совпадутъ со средними ребрами скаленоедра, мы получимъ ромбоэдръ, вписанный въ скаленоедръ такимъ образомъ, что среднія ребра у обѣихъ формъ совпадаютъ, какъ это показано на рисункѣ, фиг. 260.

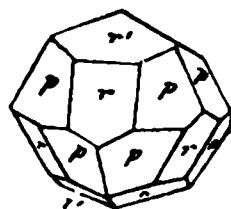
Фиг. 261 представляетъ комбинацію ромбоэдра съ основнымъ пинакоидомъ, при одинаковомъ развитіи формъ.

Фиг. 262 представляет комбинацію основного ромбоэдра $r = \frac{P}{2}$



Фиг. 261.

$\{1\ 0\ \bar{1}\ 1\}$, пирамиды 2-го рода $p = \frac{4}{3} P_2 (4\ \bar{2}\ \bar{2}\ 3)$, первого положительного тупейшаго ромбоэдра $r_1 = \frac{1}{2} \frac{P}{2}$
 $\{1\ 0\ \bar{1}\ 2\}$.



Фиг. 262.

Геміэдрія дитригональная.

По сравненію съ симметрією полногранныхъ формъ гексагональной системы

$$C, \Lambda^6, 3L^2, 3L^2, \Pi, 3P, 3P'$$

симметрія дитригональной геміэдрійъ выражается слѣдующимъ образомъ:

$$OC, \Lambda^3, 0L^2, 3L^2, \Pi, 0P, 3P'.$$

Гексагональная пирамида 1-го рода. Форма эта, подвергаясь тригональной геміэдріи, даетъ двѣ *тригональныя* пирамиды 1-го рода: двумъ парамъ граней дигексагональной пирамиды, сходящимся у конца діагональной оси, здѣсь соотвѣтствуютъ двѣ грани, верхняя и нижняя, образующія въ основномъ сѣченіи ребро, перпендикулярное діагональной оси; очевидно, такія три ребра, при продолженіи, взаимно пересѣкаясь, образуютъ въ основномъ сѣченіи треугольникъ, а грани, пересѣкающіяся въ этихъ ребрахъ, взаимно пересѣкаясь, при продолженіи образуютъ тригональную пирамиду.

Гексагональная призма 1-го рода, при такихъ условіяхъ, очевидно, даетъ двѣ *тригональныя* призмы 1-го рода.

Дигексагональная пирамида, какъ мы видѣли, даетъ двѣ дитригональныя пирамиды, то есть такія шестигранныя пирамиды, основное сѣченіе которыхъ представляетъ *дитригонъ*.

Дигексагональная призма, при такихъ же условіяхъ, очевидно, даетъ двѣ *дитригональныя* призмы.

Гексагональная пирамида 2-го рода, гексагональная призма 2-го рода и основной пинакоидъ, подвергаясь дитригональной геміэдріи, не измѣняютъ наружнаго вида.

До сихъ поръ не были наблюдаемы формы, принадлежащія къ разсматриваемой геміэдріи отдѣльно или въ комбинаціяхъ, поэтому, мы не даемъ здѣсь изображенія этихъ формъ.

Тригональныя пирамиды, тригональныя и дитригональныя призмы встрѣчаются въ *тетартноэдріи* гексагональной системы, тамъ мы даемъ ихъ изображеніе и описаніе болѣе подробное.

Мы еще разъ обращаемъ вниманіе на то обстоятельство, что формы, принадлежащія къ геміэдриі ромбоэдрической и къ геміэдриі тригональной, въ отличіе отъ формъ, соотвѣствующихъ другимъ геміэдриямъ гексагональной системы, характеризуются присутствіемъ оси симметріи 3-го порядка.

Тетартоэдриа гексагональной системы.

Примѣняя къ дигексагональной пирамидѣ одновременно два способа геміэдриі, мы получаемъ тетартоэдрическія формы гексагональной системы.

1. Простѣйшимъ случаемъ въ этомъ отношеніи представляется примѣненіе къ дигексагональной пирамидѣ сначала а) геміэдриі пирамидальной, потомъ б) геміэдриі гемиморфной.

а) Подвергаясь пирамидальной геміэдриі, каждая дигексагональная пирамида даетъ двѣ гексагональныя пирамиды 3-го рода:

$$\left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ k i h l \} \text{ и } - \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ h \bar{i} k l \}.$$

б) Каждая пирамида 3-го рода, подвергаясь гемиморфизму, даетъ двѣ гемиморфныя формы, *верхнюю* и *нижнюю*. Такимъ образомъ, изъ дигексагональной пирамиды полногранной получаются четыре тетартоэдрическія формы.—гемиморфныя пирамиды 3-го рода

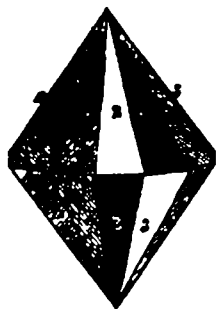
$$\begin{aligned} \text{верх. } \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ k i h l \} \text{ и верх. } - \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ h i k l \} \\ \text{нижн. } \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ k i h l \} \text{ и нижн. } - \left[\frac{m P n}{2} \right] \text{ или } \pi \{ h \bar{i} k \bar{l} \}. \end{aligned}$$

По сравненію съ симметріею формъ пирамидальной геміэдриі гексагональной системы, симметрія гемиморфныхъ пирамидъ понижается. вслѣдствіе отсутствія въ нихъ главной плоскости и центра симметріи:

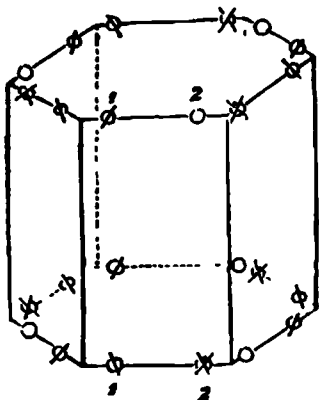
$$OC, A'', OL^2, OL^2, OP, OP'.$$

Эту *тетартоэдрию* можно назвать *пирамидально-гемиморфною*.

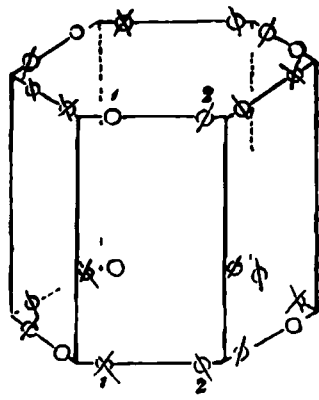
2. Пусть (фиг. 263 и 264 а, б, с, д) къ дигексагональной пира-



Фиг. 263.

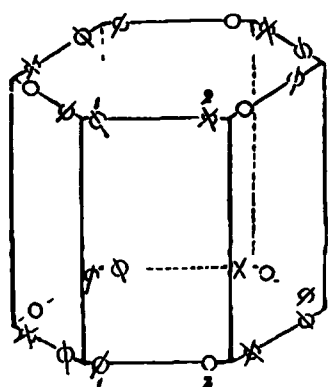


Фиг. 264 а.



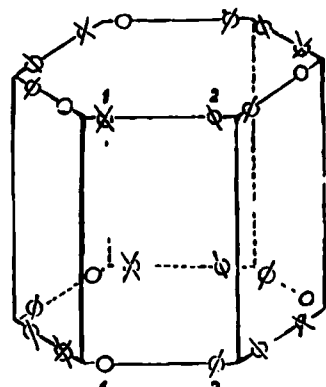
Фиг. 264 б.

мидѣ примѣняется сначала геміэдрія ромбоэдрическая (\), затѣмъ трапецоэдрическая (/). Въ додекантахъ, попеременно расположенныхъ, сверху или снизу, остаются отдѣльныя грани (на схемагическихъ черте-



Фиг. 264 c.

жахъ остаются кружки), грани эти приходятся у попеременно расположенныхъ концовъ боковыхъ осей въ порядкѣ и положеніи граней, образующихъ трапецоэдръ, то есть, если одна изъ граней приходится сверху и справа относительно боковой оси и плоскости симметріи, то другая, при-



Фиг. 264 d.

ходится снизу и слѣва—или-же наоборотъ. Изъ дигексагональной пирамиды получаются четыре тетартоэдрическія формы, въ самомъ дѣлѣ, по ромбоэдрической геміэдріи получаются двѣ формы, положительная и отрицательная; каждая изъ этихъ формъ, подвергаясь геміэдріи трапецоэдрической дастъ форму правую и лѣвую, такимъ образомъ получаются тетартоэдрическія формы:

- 1) правая положительная прав. $\frac{m P^n}{4}$, $\rho = \{k i h l\}$
- 2) лѣвая положительная лѣв. $\frac{m P^n}{4}$, $\rho = \{h i k l\}$
- 3) прав. отрицательная—прав. $\frac{m P^n}{4}$, $\rho = \{k i \bar{h} l\}$
- 4) лѣвая отрицательная—лѣв. $\frac{m P^n}{4}$, $\rho = \{h i k \bar{l}\}$,

между собою совмѣстимы формы правыя, положительная съ отрицательною, 1) и 3),—равно и лѣвыя формы 2) и 4); но формы правыя по отношенію къ лѣвымъ формамъ энантиоморфны, подобно гироэдрамъ кубической системы, тетрагональнымъ и гексагональнымъ трапецоэдрамъ. Симметрія дигексагональной пирамиды измѣняется при этомъ сначала соответственно геміэдріи ромбоэдрической:

затѣмъ соответственно геміэдріи трапецоэдрической

$$C A^3 3 L^2 0 L^2, 0 \Pi 0 P 3 P'$$

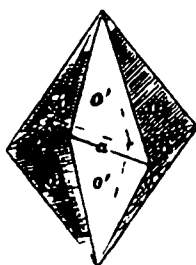
$$0 C A^3 3 L^2 0 L^2 0 \Pi 0 P 0 P'$$

то есть, въ ней уничтожается центръ и плоскости симметріи; можно идти въ обратномъ порядкѣ, то есть сначала примѣнять геміэдрію трапецоэдрическую, затѣмъ ромбоэдрическую, въ результатъ мы получимъ формы, въ которыхъ отсутствуютъ центръ и плоскости симметріи, оста-

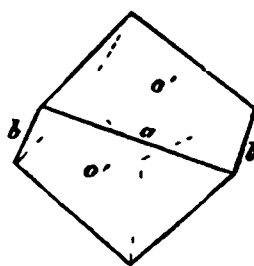
ются три оси симметріи, совпадающія съ боковыми кристаллографическими осями, ось 6-го порядка, совпадающая съ главною кристаллографическою осью, дѣлается осью 3-го порядка, другія оси симметріи отсутствуютъ.

Изъ двадцати четырехъ граней дигексагональной пирамиды остаются всего по три грани вверху и внизу, $3 + 3 = 6$. Для яснаго представленія формы, которая при этомъ образуется, мы вспомнимъ, что въ скаленоэдрѣ грани, сходящіяся попарно въ ребрахъ, расположенныхъ зигзагомъ, развиваются изъ граней дигексагональной пирамиды, по положенію соответствующихъ трапецоэдрической геміэдри, такъ какъ у скаленоэдра боковыя оси проходятъ черезъ ребра, расположенныя зигзагомъ. Поэтому, если въ скаленоэдрѣ (фиг. 265) исчезаютъ поочередно пары граней, сходящихся въ среднихъ его ребрахъ, то останутся грани, развившіяся изъ трехъ паръ граней дигексагональной пирамиды, расположенныхъ въ порядкѣ

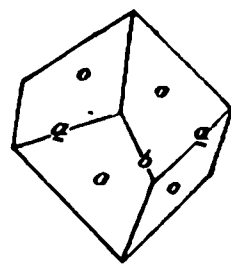
трапецоэдрической тетартэдри. Развивая мысленно остающіяся три пары граней скаленоэдра до взаимнаго пересѣченія, мы видимъ, что въ формѣ, которая при этомъ по-



Фиг. 265.



Фиг. 266 а.



Фиг. 266 б.

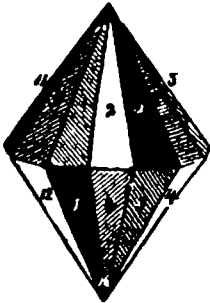
лучается, должны оставаться три среднія ребра скаленоэдра a (сравни. фиг. 266а) между ними, появляются три короткія ребра b , сходнаго характера; всѣ вершинныя ребра скаленоэдра исчезаютъ, появляются три новыя ребра, какъ слѣдствіе взаимнаго пересѣченія остающихся и развивающихся граней скаленоэдра, надъ исчезающими его гранями. При этомъ изъ скаленоэдра получаютъ двѣ формы, правая (фиг. 266а) и лѣвая) фиг. 266б), въ зависимости отъ того, какая пара граней развивается, правая или лѣвая (бѣлыя грани или заштрихованныя, см. фиг. 265).

Получаемыя такимъ образомъ тригональные трапецоэдры ограничены равнобедренными трапецоидами, среднія ребра три тупыхъ длинныхъ, три короткія острыхъ; вершинныя ребра, три верхнія и три нижнія всѣ равны. Кристаллографическія оси боковыя проходятъ черезъ среднія ребра, главная ось соединяетъ вершины трехгранныхъ угловъ, верхняго и нижняго. Оси симметріи совпадаютъ съ кристаллографическими осями.

Эта тетартэдри называется трапецоэдрическою.

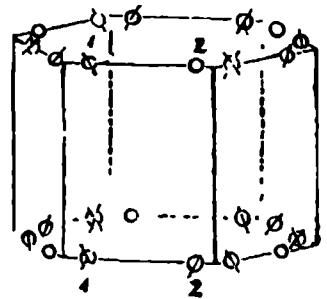
3. Пусть къ дигексагональной пирамидѣ (фиг. 267а и б) примѣняется сначала ромбоэдрическая геміэдри, затѣмъ—пирамидальная; на схематическомъ чертѣжѣ мы показываемъ порядокъ исчезанія кружковъ, со-

отвѣтствующихъ гранямъ, знаками () и (—). При этихъ условіяхъ, въ каждомъ попеременно́мъ додекантѣ, сверху и снизу, остаются отдѣльныя грани, положеніе которыхъ существенно отличается отъ рас-



Фиг. 267 а.

положенія граней въ предыду-
щемъ случаѣ трапецоэдрической
тетартоэдри: въ трапецоэдриче-
ской тетартоэдри остаются
грани располагаются по двѣ,
одна вверху, напр., справа,
другая внизу и слѣва. около
боковой оси симметріи; въ те-
тартоэдри, которая здѣсь раз-
сматривается, остающіяся гра-



Фиг. 267 в.

ни располагаются въ ромбоэдрическомъ порядкѣ. такъ какъ мы имѣемъ три грани въ попеременно расположенныхъ додекантахъ, при чемъ грани располагаются по одной, а не парами, относительно осей и плоскостей симметріи дигексагональной пирамиды, и одинаковымъ образомъ относительно этихъ послѣднихъ.

При этомъ изъ дигексагональной пирамиды получаютъ четыре формы: по ромбоэдрической геміэдри мы имѣемъ одну форму положи-
тельную, другую отрицательную; подвергая каждую изъ нихъ геміэдри
пирамидальной, мы получимъ формы, характеръ которыхъ можно выра-
жать $\frac{\text{лѣв.}}{\text{пр.}}$ и $\frac{\text{пр.}}{\text{лѣв.}}$. Такимъ образомъ, изъ дигексагональной пирамиды
получаются четыре формы:

- | | | | |
|------------------|------|---------|------------------------------|
| 1) положительная | пр. | $m P n$ | $\rho \pi \{k i \bar{h} l\}$ |
| | лѣв. | 4 | |
| 2) положительная | лѣв. | $m P n$ | $\rho \pi \{h i k l\}$ |
| | пр. | 4 | |
| 3) отрицательная | пр. | $m P n$ | $\rho \pi \{k i h l\}$ |
| | лѣв. | 4 | |
| 4) отрицательная | лѣв. | $m P n$ | $\rho \pi \{h i k \bar{l}\}$ |
| | пр. | 4 | |

Воспроизводя эти случаи тетартоэдри на схематическихъ черте-
жахъ, мы увидимъ, что всѣ формы, такимъ образомъ полученныя, мо-
гутъ быть совмѣщаемы одна съ другою, независимо отъ порядка при-
мѣненія къ дигексагональной пирамидѣ той или другой геміэдри.

Допустимъ, что симметрія дигексагональной пирамиды при этомъ
измѣняется въ связи съ ромбоэдрическою геміэдрию:

затѣмъ, въ связи съ пирамидальною
геміэдрию

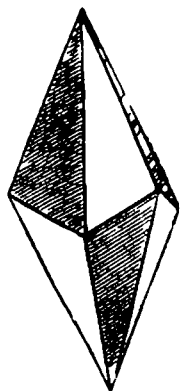
$$C A^3 3 L^2 0 L_1 0 П 0 P 3 P'$$

$$C A^3 0 L^2 0 L_1 0 П 0 P 0 P'$$

или наоборотъ; какъ видно изъ схематическаго чертежа, въ этихъ фор-

масть остаётся центръ симметріи, ось симметріи 6-го порядка гексагональной системы дѣлается осью 3-го порядка, всѣ плоскости симметріи отсутствуют.

Изъ двадцати четырехъ граней дигексагональной пирамиды остаются три грани вверху и три грани внизу, при развитіи ихъ до взаимнаго пересѣченія, получается ромбоэдръ, отличающійся отъ геміэдрическаго ромбоэдра, происходящаго изъ пирамиды 1-го рода, положеніемъ въ комбинаціяхъ, такъ какъ боковыя кристаллографическія оси въ ромбоэдрѣ тетартэдрическомъ проходятъ иначе, нежели въ ромбоэдрѣ геміэдрическомъ. Чтобы яснѣе себѣ представить это, мы припомнимъ, что, по ромбоэдрической геміэдри, дигексагональная пирамида даетъ скаленоэдръ; если затѣмъ у скаленоэдра грани исчезаютъ и разбиваются въ порядкѣ пирамидальной геміэдри, то такъ какъ у дигексагональной пирамиды при этомъ, въ каждомъ додекантѣ, верхнемъ и нижнемъ, должны исчезать черезъ одну грани, расположенныя одинаковымъ образомъ,—изъ двухъ граней, образующихъ верхнее тупое вершинное ребро, исчезаетъ одна, а соотвѣствующая ей нижняя грань исчезла ранѣе по скаленоэдрической геміэдри (сравн. фиг. 267 и 268), и наоборотъ, изъ двухъ граней, образующихъ нижнее острое вершинное ребро, исчезаетъ одна, а соотвѣствующая верхняя исчезла ранѣе по ромбоэдрической геміэдри. Слѣдовательно, если изъ граней скаленоэдра у насъ остаются правыя верхнія—мы поворачиваемъ скаленоэдръ справа на лѣво около вертикальной оси—то при этомъ должны оставаться и лѣвыя нижнія грани, какъ показано на чертежѣ; при этомъ боковыя кристаллографическія оси, выходящія у скаленоэдра въ срединѣ реберъ, расположенныхъ зигзагомъ, будутъ выходить въ ромбоэдрахъ тетартэдрическихъ чрезъ грани, не симметрично относительно реберъ тетартэдрическаго ромбоэдра. Это тетартэдриа ромбоэдрическая.



Фиг. 268.

4. Будемъ примѣнять къ дигексагональной пирамидѣ сначала геміэдрию дитригональную, потомъ геміэдрию пирамидальную; при этихъ условіяхъ изъ дигексагональной пирамиды сначала получается дитригональная пирамида, которой соотвѣствуетъ симметрія

$$OS \Lambda^3 OL^2 3L^2, \Pi OP 3P'$$

примѣняя затѣмъ геміэдрию пирамидальную, имѣемъ

$$OS \Lambda^3 OL^2 OL^2, \Pi OP OP'$$

по сравненію съ дитригональной пирамидой, здѣсь остаются лишь ось 3-го порядка и горизонтальная плоскость симметріи, которую уже нельзя называть здѣсь главною плоскостью (сравн. стр. 9 и 10). Изъ дитри-

гональной пирамиды получают двѣ тригональныя. тетартоэдрическія пирамиды. слѣдовательно, дигексагональной пирамидѣ соотвѣтствуютъ четыре такія формы. Это тетартоэдриа тригональная.

5. Будемъ примѣнять къ дигексагональной пирамидѣ сначала геміэдриу дитригональную, потомъ геміэдриу гемиморфную; при этихъ условіяхъ изъ гексагональной пирамиды сначала получается дитригональная пирамида, которой соотвѣтствуетъ симметрія.

примѣняя затѣмъ геміэдриу гемиморфную. имѣемъ

$$OC A^3 0L^2 3L^2, \Pi OP 3P'$$

$$OC A^3 0L^2 0L^2, OP OP 3P'$$

здѣсь остаются, по сравненію съ дитригональною пирамидою, ось 3-го порядка и три діагональныя плоскости симметріи. Изъ дитригональной пирамиды получаютъ двѣ гемиморфныя дитригональныя пирамиды. верхня и нижняя, слѣдовательно, дигексагональной пирамидѣ соотвѣтствуютъ четыре такія формы. Это тетартоэдриа дитригонально-гемиморфная.

Гемиморфная тетартоэдриа гексагональной системы.

Связывая генетически эту тетартоэдриу съ пирамидальною геміэдриею, мы можемъ прямо сказать, что по условіямъ гемиморфизма, которому подвергаются формы пирамидальной геміэдрии, мы должны имѣть:

Основной пинакондъ верхній и нижній:

$$\text{верх. } \begin{smallmatrix} 0P \\ 4 \end{smallmatrix} ; 0001 ; \text{ и нижн. } \begin{smallmatrix} 0P \\ 4 \end{smallmatrix} ; 000\bar{1} ;$$

гексагональныя пирамиды 1-го, 2-го и 3-го рода верхнія и нижнія (знаки тѣ же, что для формъ пирамидальной геміэдрии, съ соотвѣтствующими измѣненіямъ, гексагональныя призмы 1-го, 2-го и 3-го рода.

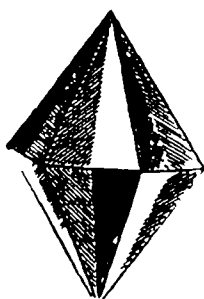
Кристаллографическія оси здѣсь опредѣляются также, какъ въ формахъ, относящихся къ пирамидальной геміэдрии, такъ какъ ось симметріи 6-го порядка принимается за вертикальную кристаллографическую ось.

Относящіяся сюда комбинаціи, по внѣшнему виду, не отличаются отъ аналогичныхъ комбинацій, соотвѣтствующихъ простому гемиморфизму гексагональной системы, только при помощи фигуръ разлѣданія удастся опредѣлить въ данномъ случаѣ полное отсутствіе плоскостей симметріи (см. выше).

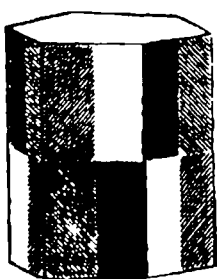
Трапецоэдрическая тетартоэдриа.

Гексагональная пирамида 1-го рода. Примѣняя къ гексагональной пирамидѣ 1-го рода первоначально ромбоэдрическую геміэдриу, мы получаемъ ромбоэдръ 1-го рода, примѣняя затѣмъ къ ромбоэдру 1-го рода

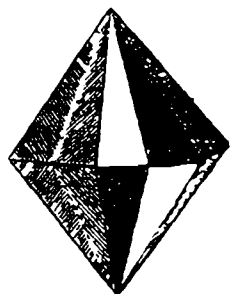
геміэдрію трапецоэдрическую (сравн. фиг. 265), мы видимъ, что при этомъ ромбоэдръ не долженъ измѣняться по внѣшнему виду. Рисунокъ показываетъ (фиг. 269), что, если отмѣчать на гексагональной пирамидѣ 1-го рода оба способа геміэдриі, то по геміэдриі ромбоэдрической должны исчезать грани, расположенныя въ отдѣльныхъ додекантахъ. по трапецоэдрической геміэдриі должны исчезать *части* граней — части граней, расположенныхъ въ додекантахъ, которые остаются по ромбоэдрической геміэдриі, развиваясь, заполняютъ эти додеканты, очевидно, мы возвращаемся, такимъ образомъ, къ ромбоэдру 1-го рода.



Фиг. 269.



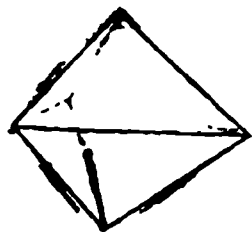
Фиг. 270.



Фиг. 271.

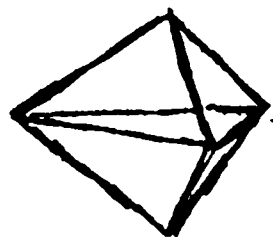
Призма 1-го рода, какъ видно изъ чертежа (фиг. 270), подвергаясь, послѣдовательно, геміэдриі ромбоэдрической и тетаргоэдрической, не измѣняетъ своего наружнаго вида.

Гексагональная пирамида 2-го рода, подвергаясь трапецоэдрической тетартоэдриі (фиг. 271), даетъ двѣ тригональныя пирамиды (фиг. 272а и б). Чтобы представить себѣ,



Фиг. 272 а.

какимъ образомъ получаются эти формы, мы примемъ, что боковыя кристаллографическія оси гексагональной системы проходятъ чрезъ середины реберъ, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи гексагональной пирамиды 2-го рода, слѣ-



Фиг. 272 б.

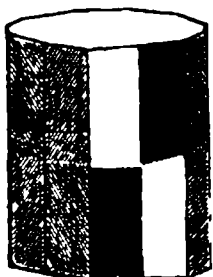
довательно, въ каждомъ додекантѣ этой формы находятся половины двухъ смежныхъ верхнихъ и двухъ смежныхъ нижнихъ ея граней. По ромбоэдрической геміэдриі, слѣдовательно, должны исчезать эти части граней, расположенныхъ въ попеременныхъ додекантахъ, и, какъ мы видѣли, наружная форма пирамиды не должна при этомъ измѣниться; выдѣлимъ мысленно два такіе додеканта, верхній и нижній, отмѣтимъ верхніи косыми штрихами (\). въ нижнемъ додекантѣ обѣ половины остаются, очевидно, неотмѣченными; подвергая форму вновь геміэдриі, трапецоэдрической, мы должны отмѣнить штрихами (/), положимъ верхнюю лѣвую половину (которая исчезаетъ уже по ромбоэдрической геміэдриі) и нижнюю правую, такимъ образомъ, изъ этихъ четырехъ половинъ, принадлежащихъ, очевидно, соответствующимъ четыремъ гранямъ, остается только нижняя лѣвая половина грани. Выдѣлимъ затѣмъ два такіе же додеканта, смежные съ первыми (крайними), и будемъ подвергать части граней, имъ

соотвѣтствующія, также двумъ геміэдріямъ, ромбоэдрической и трапецоэдрической, въ томъ же порядкѣ: на чертежѣ видно, что изъ четырехъ половинъ граней здѣсь останется только верхняя правая (фиг. 271)—очевидно, обѣ оставшіяся половины граней сходятся въ точкѣ, совпадающей съ концомъ боковой оси, которая выходитъ въ срединѣ соотвѣтствующаго ребра, при дальнѣйшемъ развитіи, обѣ эти половины граней развиваются въ цѣлыя грани, пересѣкающіяся въ линіи, совпадающей съ продолженіемъ того-же средняго ребра; изъ двѣнадцати верхнихъ половинъ граней гексагональной пирамиды 2-го рода и изъ двѣнадцати половинъ нижнихъ граней, такимъ образомъ, остаются три половины граней вверху и три половины граней внизу; такъ какъ двѣ каждыя такія половины, соприкасающіяся у одного и того же конца боковой оси, принадлежатъ двумъ гранямъ гексагональной пирамиды 2-го рода, которыя пересѣкаются въ среднемъ ребрѣ, то вмѣсто шести верхнихъ и шести нижнихъ граней пирамиды 2-го рода гексагональной, получаются три верхнія и три нижнія грани тригональной пирамиды; вмѣсто шести среднихъ реберъ гексагональной пирамиды, получаются также три ребра; вмѣсто $6 + 6 = 12$ полярныхъ (вершинныхъ) реберъ гексагональной пирамиды, получаются $3 + 3 = 6$ полярныхъ реберъ пирамиды тригональной—они располагаются надъ исчезающими гранями гексагональной пирамиды 2-го рода.

Мы можемъ обозначать полученные такимъ образомъ пирамиды тригональныя 2-го рода такъ, какъ обозначаемъ тригональные трапоедры, но съ соотвѣтствующими измѣненіями: $\frac{m P^2}{4}$ или $\{h h 2h l\}$.

Вертикальная кристаллографическая ось соединяетъ вершины правильныхъ трехгранныхъ угловъ; боковыя оси соединяютъ середины среднихъ реберъ съ вершинами четырехгранныхъ ромбическихъ угловъ. Число угловъ всего $2 + 3 = 5$.

Дигексагональная призма, подвергаясь трапецоэдрической тетартоэдріи, образуетъ дитригональныя призмы. Представимъ себѣ, что по скаленоэдрической (ромбоэдрической) геміэдріи въ дигексагональной призмѣ должны исчезать половины граней, расположенныя парами, сверху

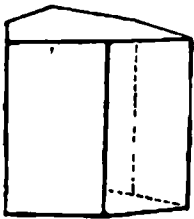


Фиг. 273.

и снизу, въ попеременныхъ додекантахъ; примѣняя затѣмъ къ этой формѣ трапецоэдрическую геміэдрію, мы видимъ, что при этомъ останутся три половины граней въ верхнихъ додекантахъ и три въ нижнихъ: половины эти располагаются парами, по діагонали, у концовъ боковыхъ осей (фиг. 273), очевидно, при этомъ прежде всего образуются пары призматическихъ граней у концовъ боковыхъ осей, попеременно расположенныхъ—ясно, что получится дитригональная призма, такъ какъ эти пары граней, образуя непосредственно три двугранные угла, будучи продол-

жены до взаимнаго пересѣченія надъ исчезающими гранями призмы, образуютъ три новые двугранные угла, соотвѣтствующія ребрамъ, которыя образуются у свободныхъ концовъ боковыхъ осей—эти новые двугранные углы равны между собою, но не равны тремъ другимъ двуграннымъ угламъ, которые также между собою равны, при этихъ условіяхъ, основаніе получаемой призмы должно представлять дитригонъ, а не правильный шестиугольникъ. Такимъ образомъ, изъ дигексагональной призмы образуются двѣ дитригональныя призмы (фиг. 274).

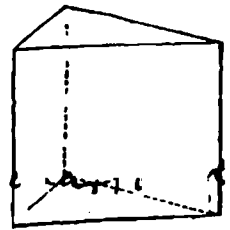
$$\infty \frac{Pn}{4} \frac{\text{пр.}}{\text{лѣв.}}, \quad \infty \frac{Pn}{4} \frac{\text{лѣв.}}{\text{пр.}}$$



Фиг. 274.

Боковыя оси проходятъ въ этихъ формахъ чрезъ ребра, другъ другу противоположныя.

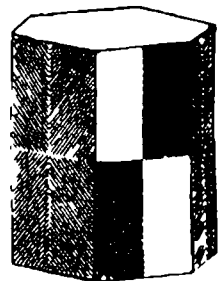
Гексагональная призма 2-го рода, подвергаясь трапецедрической геміэдріи, даетъ двѣ тригональныя призмы (фиг. 275). Изъ тригональнымъ призмамъ можно переходить отъ тригональных



Фиг. 275.

пирамидъ, при $m = \infty$, или отъ дитригональныхъ призмъ, при $n = 2$, но мы рассмотримъ непосредственный переходъ отъ призмъ гексагональныхъ 2-го рода къ призмамъ тригональнымъ, путемъ примѣненія къ гексагональной призмѣ геміэдріи ромбоэдрической и трапецедрической. для уясненія начинающимъ характера трапецедрической тетартэдріи.

Въ гексагональной призмѣ 2-го рода боковыя оси соединяютъ середины граней, плоскости симметріи, проходящія чрезъ оси боковыя и главную, дѣлятъ грани призмы пополамъ, а основное сѣченіе дѣлитъ каждую изъ этихъ половинъ на части верхнюю и нижнюю. Каждый додекантъ состоитъ изъ половинъ двухъ смежныхъ граней, слѣдовательно, если примѣнять къ гексагональной призмѣ 2-го рода ромбоэдрическую геміэдрію, по которой исчезаютъ и остаются попеременные додеканты, и отмѣчать ихъ штрихами ($\backslash$), въ каждой грани призмы остаются двѣ заштрихованныя и двѣ незаштрихованныя части, расположенныя въ шахматномъ порядкѣ и сходящіяся въ точкѣ, которая соотвѣтствуетъ боковой оси. Если примѣнять затѣмъ геміэдрію трапецедрическую ($\cdot$) къ той-же гексагональной призмѣ 2-го рода, то на отдѣльныхъ граняхъ ея исчезаютъ части, расположенныя парами и, по очередно, совпадающія съ частями, которыя уже исчезали по ромбоэдрической геміэдріи, или съ частями, которыя по ромбоэдрической геміэдріи не исчезали, такимъ образомъ получаютъ, послѣ двухъ геміэдрій, части трехъ граней призмы, расположенныхъ чрезъ одну (фиг. 276), эти части, развиваясь, пополняютъ со-



Фиг. 276.

отвѣтствующія имъ грани, а послѣдняя, при послѣдующемъ развитіи, взаимно пересѣкаются въ трехъ ребрахъ параллельныхъ главной оси системы. Такъ получаются изъ гексагональной призмы 2-го рода двѣ тригональныя призмы:

$$\frac{\infty P_2}{4} \begin{matrix} \text{пр.} \\ \text{лѣв.} \end{matrix}, \frac{\infty P_2}{4} \begin{matrix} \text{лѣв.} \\ \text{пр.} \end{matrix}$$

Боковыя оси въ этихъ призмахъ соединяють середины вертикальныхъ реберъ съ серединами граней, всѣ ребра одного рода.

Основной инвакоидъ по этому способу тетартоэдріи не измѣняется.

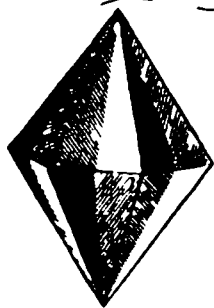
Дигексагональная пирамида, подвергаясь трапецоэдрической тетартоэдріи, распадается на четыре тригональные трапецоэдры, о которыхъ мы подробно говоримъ выше.

Припомнимъ, что если производить тригональные трапецоэдры отъ скаленоэдровъ, то положительные тригональные трапецоэдры соотвѣствуютъ положительному гексагональному скаленоэдру—отрицательные трапецоэдры соотвѣствуютъ отрицательному скаленоэдру; изъ каждаго скаленоэдра получаюся тригональные трапецоэдры правый и лѣвый. въ зависимости отъ того, какъ исчезаютъ грани скаленоэдра, сходящіяся попарно въ среднихъ его ребрахъ—правая пара, по отношенію къ плоскости симметріи, направленной къ наблюдателю, и слѣдующія за нею черезъ одну,—или лѣвая пара и слѣдующія въ томъ-же порядкѣ.

Если въ знакѣ тригональнаго трапецоэдра увеличивать параметръ m , получаютъ формы болѣе и болѣе вытянутыя по вертикальной оси и при $m = \infty$. всѣ шесть граней формы. три верхнія и три нижнія, будутъ параллельны вертикальной оси, образуя взаимнымъ пересѣченіемъ дитригональную призму.

Ромбоэдрическая тетартоэдрія.

Гексагональная пирамида 1-го рода по этому способу тетартоэдріи даетъ ромбоэдръ 1-го рода—въ самомъ дѣлѣ, подвергаемъ ромбоэдрической геміэдріи пирамиду 1-го рода—при этомъ должны



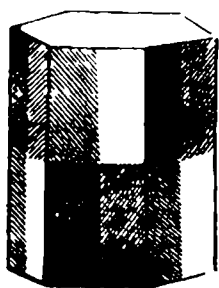
Фиг. 277.

исчезать грани, расположенныя въ поперемѣнныхъ додекантахъ, примѣняя затѣмъ къ пирамидѣ 1-го рода геміэдрію пирамидальную, мы видимъ, что при этомъ исчезаютъ и развиваются части остающихся граней—каждая такая часть, развиваясь, заполняетъ свой додекантъ и снова получается распределеніе граней, соотвѣтствующее ромбоэдрической геміэдріи (фиг. 277).

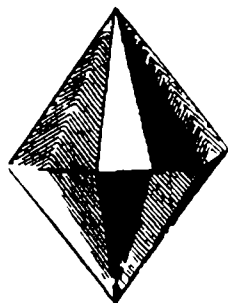
Образующійся при этомъ ромбоэдръ по внѣшности ничѣмъ не отличается отъ соотвѣтствующей геміэдрической формы.

Гексагональная призма 1-го рода своего наружного вида не измѣняется (фиг. 278).

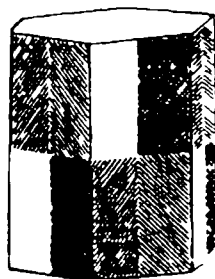
Гексагональная пирамида 2-го рода, подвергаясь ромбоэдрической тетартоэдри, даётъ ромбоэдръ 2-го рода. Будемъ примѣнять къ пирамидѣ 2-го рода сначала геміэдрию пирамидальную, при этомъ въ каждомъ додекантѣ ея образованномъ четырьмя половинами смежныхъ граней, остаются, положимъ, двѣ правыя (или лѣвыя) половины: пустьъ въ порядкѣ геміэдри ромбоэдрической, исчезаютъ затѣмъ половины граней, расположенныя въ поперебѣнныхъ додекантахъ (фиг. 279) — при этомъ изъ шести верхнихъ и шести нижнихъ граней пирамиды 2-го рода остаются по три половины граней вверху и внизу. Эти половины граней, развиваясь до взаимнаго пересѣченія, образуютъ форму, которая назы-



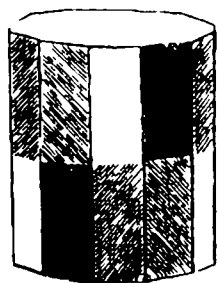
Фиг. 278.



Фиг. 279.



Фиг. 280.



Фиг. 281.

вается ромбоэдромъ 2-го рода—боковыя кристаллографическія оси, которыя въ пирамидѣ 2-го рода соединяютъ середины реберъ, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи, проходятъ чрезъ грани ромбоэдра 2-го рода. ромбы, пересѣкая діагонали ихъ, направляющіяся отъ вершины формы.

Гексагональная призма 2-го рода своего наружного вида не измѣняется (фиг. 280); основной пинакоидъ тоже не измѣняется.

Дигексагональная призма, подвергаясь ромбоэдрической тетартоэдри, даётъ гексагональную призму 3-го рода. Будемъ подвергать дигексагональную призму ромбоэдрической геміэдри, при этомъ исчезаютъ верхнія и нижнія половины граней ея, соотвѣтственно порядку исчезанія отдѣльныхъ додекантовъ, поперебѣнно расположенныхъ, подвергая затѣмъ призму пирамидальной геміэдри, мы должны исключать по цѣльной грани ея, соотвѣтствующей по положенію парѣ граней дигексагональной пирамиды, пересѣкающихся въ среднемъ ребрѣ — здѣсь, очевидно, должны исчезать и оставаться половины граней, остающіяся отъ предыдущей геміэдри, но это не измѣняетъ сущности дѣла, такъ какъ каждая эта половина развивается въ цѣльную грань призмы, а эти грани находятся въ порядкѣ, соотвѣтствующемъ условіямъ образованія призмы 3-го рода (фиг. 281).

Дигексагональная пирамида, подвергаясь этой геміэдри, даётъ ромбоэдры 3-го рода, а свойства которыхъ уже разобраны выше съ подробностью.

Дитригонально-гемиморфная тетартоэдри.

Формы, сюда относящіяся, можно разсматривать или какъ результатъ гемиморфизма въ приложеніи къ геміэдри дитригональной, или-же, какъ *результатъ гемиморфизма формъ ромбоэдрической геміэдри*—съ этой точки зрѣнія, мы получаемъ изъ гексагональнаго скаленоедра *дитригональную* гемиморфную пирамиду; изъ ромбоэдра 1-го рода получается *тригональная* гемиморфная пирамида 1-го рода; изъ гексагональной пирамиды получится *гексагональная* пирамида гемиморфная 2-го рода: соотвѣтственно этимъ пирамидамъ, мы имѣемъ также призму дитригональную, тригональную, гексагональную призму 2-го рода. Будемъ подвергать дигексагональную призму ромбоэдрической геміэдри, при этомъ въ призмѣ должны исчезать и развиваться части граней, расположенныя въ поперемѣнныхъ додекантахъ, въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 250; представимъ себѣ, что дигексагональная призма, изображенная на чертежѣ, кромѣ геміэдри, подвергается также гемиморфизму. такъ что верхняя половина ея развивается независимо отъ нижней половины, очевидно, мы получаемъ *дитригональную* призму, такъ какъ, кромѣ остающихся двугранныхъ угловъ, принадлежащихъ дигексагональной призмѣ, образуются новые, болѣе острые, вслѣдствіе взаимнаго пересѣченія развивающихся граней надъ исчезающими додекантами дигексагональной призмы.

При тѣхъ же условіяхъ, призма 1-го рода гексагональная даетъ тригональную призму: въ призмѣ 1-го рода, по ромбоэдрической геміэдри, исчезаютъ половины граней, расположенныя соотвѣтственно поперемѣннымъ додекантамъ (фиг. 251), и если подвергать эту геміэдрическую призму гемиморфизму, должна получиться тригональная призма. Призма 2-го рода, подвергаясь ромбоэдрической геміэдри и затѣмъ гемиморфизму, не измѣняетъ наружнаго вида.

Основной пинакоидъ распадается на двѣ отдѣльныя грани верх. $\frac{0P}{2} \{0001\}$ и нижн. $\frac{0P}{2} \{000\bar{1}\}$, параллельныя основному сѣченію.

Тетартоэдриа тригональная.

Мы не будемъ разсматривать подробно формы, относящіяся къ тригональной тетартоэдри, такъ какъ онѣ не были до сихъ поръ наблюдаемы въ комбинаціяхъ или отдѣльно. Мы замѣтимъ лишь, что къ этой тетартоэдри относятся: основной пинакоидъ,—тригональными пирамидами 1-го, 2-го и 3-го рода, соотвѣтствующія пирамидамъ 1-го и 2-го рода и дигексагональнымъ пирамидамъ и тригональнымъ призмамъ 1-го, 2-го и 3-го рода. Всѣ тригональныя формы, очевидно, должны различаться между собою лишь положеніемъ въ комбинаціяхъ.

Огдоэдрія.

Примѣняя къ формамъ тригональной тетартоэдріи гемиморфизмъ, мы будемъ имѣть огдоэдрическія формы гексагональной системы. При этомъ, изъ всѣхъ элементовъ симметріи, остается лишь ось 3-го порядка (фиг. 282). Дигексагональной пирамидѣ здѣсь соотвѣтствуютъ четыре верхнія и четыре нижнія огдоэдрическія (тригональныя) пирамиды 3-го рода; гексагональнымъ пирамидамъ 1-го рода и 2-го рода соотвѣтствуютъ по двѣ верхнія и по двѣ нижнія тригональныя пирамиды 1-го и 2-го рода; тригональныя призмы 1-го, 2-го и 3-го рода, какъ въ тригональной тетартоэдріи. Основной пинакоидъ распадается на двѣ грани, верхнюю и нижнюю.



Фиг. 282.

Прилагаемыя таблицы формъ гексагональной системы требуютъ нѣкоторыхъ объясненій. Прежде всего мы отмѣтимъ здѣсь существованіе группы формъ, которыя мы рассматриваемъ отдѣльно отъ формъ гексагональных собственно, въ виду того, что эта группа характеризуется осью симметріи 3-го порядка. Попытки выдѣленія изъ гексагональной системы формъ, обладающихъ осью симметріи 3-го порядка, въ особую *тригональную* систему, нельзя считать удачными, въ виду того, что грани этихъ *тригональныхъ* формъ съ удобствомъ опредѣляются относительно координатныхъ осей гексагональной системы.

Въ первыхъ двухъ таблицахъ мы даемъ обзоръ формъ гексагональной системы въ ихъ генетическомъ соотношеніи съ голоэдрическою дигексагональною пирамидою—формы обозначены лишь въ той таблицѣ, гдѣ помѣщена голоэдрія что представляется совершенно достаточнымъ для читателя. который усвоилъ себѣ геміэдрію и тетартоэдрію системъ гексагональной и тетрагональной.

Въ другихъ двухъ таблицахъ приведены классы кристаллографическихъ формъ, обладающихъ главною осью симметріи 6-го порядка, и главною осью симметріи 3-го порядка, съ обозначеніемъ граней этихъ формъ помощью индексовъ Миллера относительно всѣхъ трехъ боковыхъ осей координатъ, какъ это предложилъ Браве, и относительно вертикальной оси, при условіи, какъ мы видѣли, соотношенія между индексами граней для боковыхъ осей $h + k + i = 0$. Формы правыя и лѣвыя, положительныя и отрицательныя, здѣсь различаются по тѣмъ же соображеніямъ, каковыя мы руководствуемся рассматривая фигуру 199 въ системѣ тетрагональной, съ тою лишь разницею, что въ системѣ гексагональной рассматриваются два передніе додеканта дигексагональной пирамиды, верхній и нижній, съ соотвѣтствующими гранями, $+$ пр. и $-$ пр..

Таблица формъ гексагональной системы. Означеніе гексагональное

Голодрш.	Гемэдрія трапецеэдрическая	Гемэдрія пирамидальная	Гемэдрія гемиморфная	Гемэдрія шпигмидально гемиморфная
Основной пинаккодъ OP	—	—	Основной пинаккодъ OP и ниж. 2	Основной пинаккодъ OP и ниж. 4
Призма 1-го рода ∞P	—	—	—	—
Призма 2-го рода ∞P_2	—	—	—	—
Пирамида 1-го рода mP	—	—	Пирамида 1-го рода mP и ниж. 2	Пирамида 1-го рода mP и ниж. 4
Пирамида 2-го рода mP_2	—	—	Пирамида 2-го рода mP_2 и ниж. 2	Пирамида 2-го рода mP_2 и ниж. 4
Дигексагональная призма ∞P_n	—	Призма 3-го рода $\left[\begin{smallmatrix} \infty P_n \\ 2 \end{smallmatrix} \right] \text{ и } \left[\begin{smallmatrix} \infty P_n \\ -2 \end{smallmatrix} \right]$	—	—
Дигексагональная пирамида mP_n	Гексагональный трапецеэдръ mP_n и лѣв. пр. 2	Пирамида 3-го рода $\left[\begin{smallmatrix} mP_n \\ 2 \end{smallmatrix} \right] \text{ и } \left[\begin{smallmatrix} mP_n \\ -2 \end{smallmatrix} \right]$	Дигексагональная пирамида mP_n и ниж. 2	Пирамида 3-го рода $\left[\begin{smallmatrix} mP_n \\ 4 \end{smallmatrix} \right] \text{ и } \left[\begin{smallmatrix} mP_n \\ -4 \end{smallmatrix} \right]$

Таблица форм гексагональной системы. Отделение тригональное.

Гемидрия ромбоэдрическая.	Гемидрия дитригональная	Тетраэдря трапецоэдрическая.	Тетраэдря ромбоэдрическая.	Тетраэдря тригональная.	Тетраэдря дитригональная-гемиморфная.	Огдоэдря.
Основной пинакоидъ	Основной пинакоидъ.	(Основной пинакоидъ.	Основной пинакоидъ.	Основной пинакоидъ.	Основной пинакоидъ (верх. и нижн.).	Основной пинакоидъ (верх. и нижн.).
Призма 1-го рода.	Тригональная призма 1-го рода.	Гексагональная призма 1-го рода.	Гексагональная призма 1-го рода.	Тригональная призма 1-го рода.	Тригональная призма 1-го рода.	Тригональная призма 1-го рода.
Призма 2-го рода.	Гексагональная призма 2-го рода.	Тригональная призма 2-го рода.	Гексагональная призма 2-го рода.	Тригональная призма 2-го рода.	Гексагональная призма 2-го рода.	Тригональная призма 2-го рода.
Ромбоэдрь 1-го рода.	Тригональная пирамида 1-го рода.	Ромбоэдрь 1-го рода.	Ромбоэдрь 1-го рода.	Тригональная пирамида 1-го рода (верх. и нижн.).	Тригональная пирамида 1-го рода (верх. и нижн.).	Тригональная пирамида 1-го рода (верх. и нижн.).
Пирамида 2-го рода.	Гексагональная пирамида 2-го рода.	Тригональная пирамида 2-го рода.	Ромбоэдрь 2-го рода.	Тригональная пирамида 2-го рода.	Гексагональная пирамида 2-го рода (верх. и нижн.).	Тригональная пирамида 2-го рода (верх. и нижн.).
Дигексональная призма.	Дитригональная призма 1-го рода.	Дитригональная призма 2-го рода.	Гексональная призма 3-го рода.	Тригональная призма 3-го рода.	Дитригональная призма.	Тригональная призма 3-го рода.
Гексональный скаленоедръ.	Дитригональная пирамида	Тригональный трапецоэдръ.	Ромбоэдрь 3-го рода.	Тригональная пирамида 3-го рода.	Дитригональная пирамида (верх. и нижн.).	Тригональная пирамида 3-го рода (верх. и нижн.).

III. Таблица формъ гексагональнаго отдѣленія гексагональной системы.

Классъ дигексагональной бипирамиды.	Классъ гексагональнаго трапецоэдра.	Классъ гексагональной бипирамиды.	Классъ дигексагональной пирамиды.	Классъ гексагональной пирамиды.
Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}
Призма 1-го рода {1010}	Призма 1-го рода {1010}	Призма 1-го рода {1010}	Призма 1-го рода {1010}	Призма 1-го рода {1010}
Призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}
Дигексагональная призма {h i k 0}	Дигексагональная призма {h i k 0}	Призма 3-го рода {h i k 0}	Дигексагональная призма {h i k 0}	Призма 3-го рода {h i k 0}
Бипирамида 1-го рода {h 0 h l}	Бипирамида 1-го рода {h 0 h l}	Бипирамида 1-го рода {h 0 h l}	Пирамида 1-го рода {h 0 h l}	Пирамида 1-го рода {h 0 h l}
Бипирамида 2-го рода {h h 2h l}	Бипирамида 2-го рода {h h 2h l}	Бипирамида 2-го рода {h h 2h l}	Пирамида 2-го рода {h h 2h l}	Пирамида 2-го рода {h h 2h l}
Дигексагональная бипирамида {h i k l}	Гексагональный трапецоэдръ {h i h l}	Бипирамида 3-го рода {h i k l}	Дигексагональная пирамида {h i k l}	Пирамида 3-го рода {h i k l}

IV. Таблица форм тригонального отъёления гексагональной системы.

Классъ дигригональ- наго скеленоэдра	Классъ дигриго- нальной бириа- миды	Классъ ромбоэдра.	Классъ тригонального грапеноэдра	Классъ тригональной бириамиды	Классъ дигригональной пирамиды	Классъ тригональной пирамиды
Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}	Базисъ {0001}
Призма 1-го рода {1010}	Тригональная призма {1010}	Призма 1-го рода {1010}	Призма 1-го рода {1010}	Тригональная призма 1-го рода {1010}	Тригональная призма 1-го рода {1010}	Тригональная призма 1-го рода {1010}
Призма 2-го рода {1020}	Призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}	Тригональная призма 2-го рода {1120}	Тригональная призма 2-го рода {1120}	Призма 2-го рода {1120}	Тригональная призма 2-го рода {1120}
Дигексаго- нальная призма {h ₁ h ₂ 0}	Дигригональная призма {h ₁ h ₂ 0}	Призма 3-го рода {h ₁ h ₂ 0}	Дигригональная призма {h ₁ h ₂ 0}	Тригональная призма 3-го рода {h ₁ h ₂ 0}	Дигригональная призма {h ₁ h ₂ 0}	Тригональная призма 3-го рода {h ₁ h ₂ 0}
Ромбоэдръ 1-го рода {h ₀ h ₁ l}	Тригональная бириамиды {h ₀ h ₁ l}	Ромбоэдръ 1-го рода {h ₀ h ₁ l}	Ромбоэдръ 1-го рода {h ₀ h ₁ l}	Тригональная бириамиды 1-го рода {h ₀ h ₁ l}	Тригональная пирамида 1-го рода {h ₀ h ₁ l}	Тригональная пирамида 1-го рода {h ₀ h ₁ l}
Бипирамида 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Бипирамида 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Ромбоэдръ 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональная бириамиды 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональная бириамиды 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Пирамида 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональная пирамида 2-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}
Дигриго- нальный скеленоэдръ {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Дигригональная бириамиды {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Ромбоэдръ 3-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональный трапеноэдръ {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональная бириамиды 3-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Дигригональная пирамида {h ₁ h ₂ h ₃ l}	Тригональная пирамида 3-го рода {h ₁ h ₂ h ₃ l}

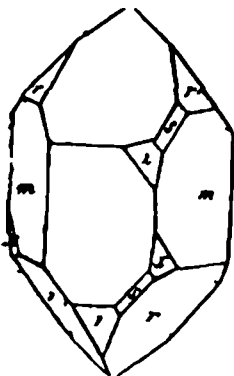
правыми верхнею и нижнею, также $+t\bar{v}v$ и $-l\bar{v}v$, $\bar{t}v$ выми верхнею и нижнею, въ случаѣ-же дитригональной бипирамиды, такъ какъ, при этомъ одна форма заключаетъ всѣ эти грани, а другая форма заключаетъ противоположащая имъ параллельныя, различаютъ дитригональныя бипирамиды передняя и задняя, эта терминологія съ соотвѣствующими измѣненіями, относится также къ случаямъ дитригональных гемиморфныхъ кристалловъ также къ тригональной гетартоэдри и огдоэдри

Комбинации тетартоэдрическихъ формъ

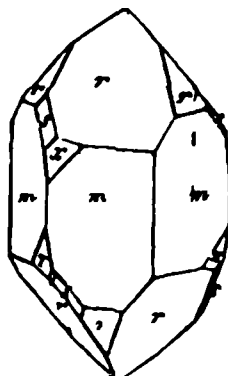
Въ гексагональной системѣ, какъ и въ другихъ системахъ, нѣкоторыя формы, подвергаясь геміэдри и тетартоэдри, не измѣняютъ своего наружнаго вида. Въ виду этого, здѣсь часто наблюдаются комбинаціи формъ по виду полногранныхъ съ формами геміэдриа которыхъ выражена ясно, напр., комбинаціи призмъ 1-го рода съ пирамидою 1-го рода и съ пирамидою 3-го рода и много другихъ подобныхъ, какъ мы это видѣли, встрѣчаются также комбинаціи формъ по наружному виду полногранныхъ или же по наружному виду геміэдрическихъ съ формами тетартоэдрическими, напр., комбинаціи ромбоэдровъ 1-го и 3-го рода съ призмою 2-го рода, или комбинаціи ромбоэдровъ 1-го рода положительнаго и отрицательнаго съ тригональнымъ трапецоэдромъ и призмою 1-го рода

а) Комбинаціи формъ трапецоэдрической гетартоэдри

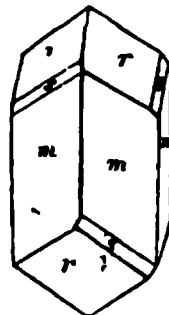
Фиг. 283 представляетъ комбинацію основныхъ ромбоэдровъ 1-го рода, положительнаго (r) и отрицательнаго (i) тригональной пирамиды (s) $\frac{2P2}{2}$ пр $\frac{1\bar{t}v}{2}$, тригональнаго трапецоэдра праваго положительнаго (x) =



Фиг. 283 а.



Фиг. 283 б



Фиг. 284

= $\frac{6P^2}{4}$, въ фиг. 283b та-же комбинація но въ отличие отъ предыдущей (s)— $t\bar{v}$ вая тригональная пирамида (s) и $t\bar{v}$ вый тригональный трапецоэдръ (x)

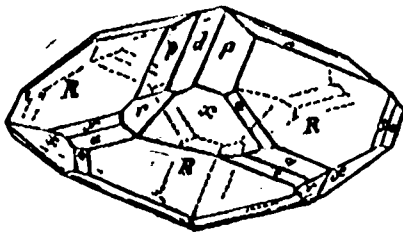
б) Комбинаціи формъ ромбоэдрической гетартоэдри

Фиг. 284 представляетъ кристаллъ цоптаза (H_2SiSiO_4) (иначе называемаго вѣднимъ изумрудомъ по окраскѣ, цвѣту и прозрачности) — по принятой постановкѣ кристалла, (r) острѣйшій отрицательный ромбоэдръ 1-го рода — $\frac{2P}{2}$, (m) — $\infty P2$ призма 2-го рода (s)—ромбоэдръ

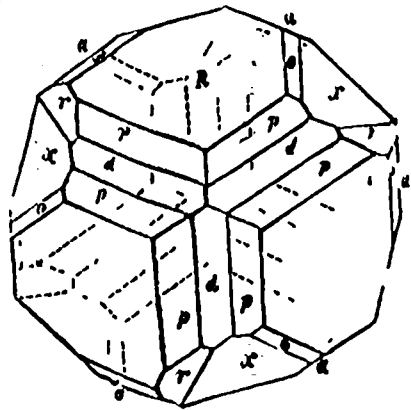
3-го рода, здѣсь хорошо видно, какъ расположены грани скаленоэдра, остающіяся для образованія ромбоэдра 3-го рода.

Рѣже въ комбинаціи наблюдается основной ромбоэдръ, грани котораго притупляются комбинаціонное ребро $r:r$.

На фиг. 285а и б изображенъ типичный примѣръ комбинаціи формъ принадлежащихъ къ ромбоэдрической тетрагоэдріи, она наблюдается на фенакитѣ (Be_2SiO_5): R основной положительный ромбоэдръ $+\frac{P}{2}$, r основной отрицательный ромбоэдръ $-\frac{P}{2}$, d первый ту-



Фиг. 285 а.



Фиг. 285 б.

пвійшій отрицательный ромбоэдръ $-\frac{1}{2}P$;

α призма 2-го рода $\infty P 2$ симметрично притупляетъ среднія ребра основнаго ромбоэдра $R:R$, расположенныя зигзагомъ,

o грани ромбоэдра 2-го рода острѣйшаго, получаемаго изъ пирамиды $\frac{4}{3} P 2$;

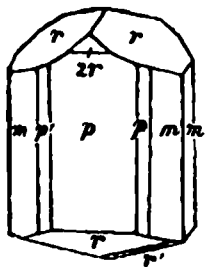
p грани ромбоэдра 2-го рода, получаемаго изъ тупѣйшей пирамиды $+\frac{2}{3} P 2$, очевидно, что грани α , o , p расположены въ одной зонѣ:

x и z грани ромбоэдровъ 3-го рода, получаемыхъ изъ пирамиды $(x) \frac{3}{2} P \frac{3}{2}$ и изъ пирамиды $(z) 3 P \frac{3}{2}$ — одинъ изъ этихъ ромбоэдровъ *правый*, другой — *левый*,

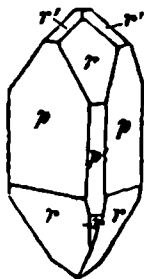
Здѣсь представляется случай сравненія ромбоэдровъ 1-го, 2-го и 3-го рода, при ихъ совместномъ расположеніи въ комбинаціяхъ: мы имѣемъ ромбоэдры 1-го рода R , d , r ; o ромбоэдръ 2-го рода; x ромбоэдръ 3-го рода — здѣсь грани ромбоэдра 3-го рода располагаются между гранями ромбоэдровъ 1-го рода и 2-го рода, точно также, какъ грани пирамиды 3-го рода, изъ которой можно получить ромбоэдръ 3-го рода, располагаются между гранями пирамиды 1-го рода и 2-го рода, — или грани призмы 3-го рода располагаются между гранями призмы 1-го рода и 2-го рода.

с) Комбинаціи формъ тетрагоэдріи дитригонально-гемиморфнои.

Фиг. 286 представляет комбинацію, наблюдаемую на минералѣ турмалинѣ: m гексагональная призма 2-го рода, p тригональная призма 1-го рода, p' дитригональная призма; на верхнемъ концѣ кристалла двѣ тригональныя пирамиды r и $2r$, которыя мы можемъ различать, какъ переднюю и заднюю, болѣе тупую и болѣе острую; на нижнемъ концѣ грани r соответственно параллельны такимъ же гранямъ r — на верхнемъ концѣ — слѣдовательно нижнія грани принадлежатъ задней формѣ, если для этихъ граней параметръ по вертикальной оси принять за единицу, то грани r' на нижнемъ концѣ кристалла принадлежатъ



Фиг. 286.



Фиг. 287.

тупѣйшей формѣ, съ соответствующимъ параметромъ $\frac{1}{2}$, очевидно, по отношенію къ предыдущимъ, это форма передняя.

Фиг. 287 представляетъ кристаллъ одного органическаго соединенія, на немъ мы имѣемъ двѣ тригональныя призмы 1-го рода въ неодинаковомъ развитіи, одну изъ нихъ какъ заднюю: на верхнемъ концѣ грани r принимаются принадлежащими основной формѣ, грани r' принадлежатъ тогда тупѣйшей формѣ съ параметромъ по вертикальной оси $\frac{1}{2}$; если форма, выбранная за основную, принимается, по положенію, переднюю, то призма p' — также передняя, — r' и p формы заднія. На нижнемъ концѣ, согласно предыдущей постановкѣ, должны находиться передняя и задняя основныя формы нижнія.

Такія же тетартodrическія формы получаютъ, если подвергать гемиморфизму формы, относяціяся къ ромбодрической (скаленодрической) геміэдріи. Въ самомъ дѣлѣ, если подвергать дигексагональную призму ромбодрической геміэдріи, у нея должны исчезать и развиваться части граней, расположенныя въ поперечныхъ додеканталъ, въ порядкѣ, указанномъ на фиг. 250; пусть эта дигексагональная, призма, кромѣ этой геміэдріи, подвергается гемиморфизму, такъ что верхняя часть ея развивается независимо отъ нижней. тогда мы должны получить, очевидно, дитригональную призму, такъ какъ, кромѣ остающихся двугранныхъ угловъ, принадлежащихъ дигексагональной призмѣ, образуются новыя болѣе острые, какъ результатъ взаимнаго пересѣченія плоскостей, развивающихся надъ исчезающими.

При тѣхъ же условіяхъ призма 1-го рода даетъ тригональную призму, такъ какъ въ призмѣ 1-го рода, по ромбодрической геміэдріи, исчезаютъ половины граней, соответствующія исчезающимъ поперечно расположеннымъ додекантамъ (фиг. 251), а если подвергать эту призму еще гемиморфизму, остаются лишь три плоскости, образу-

ція при развиті, до взаимнаго пересѣченія. тригональную призму 1-го рода.

Призма 2-го рода, подвергаясь ромбоэдрической геміэдріи и затѣмъ гемиморфизму, своего наружнаго вида не измѣняетъ.

Съ этой точки зрѣнія, комбинація, наблюдаемая на турмалинѣ, разсматривается слѣдующимъ образомъ: (фиг. 286) на верхнемъ концѣ мы имѣемъ r основной ромбоэдръ 1-го рода гемиморфный положительный и $2r$ ромбоэдръ гемиморфный отрицательный острѣйшій, призма 1-го рода p въ видѣ трехъ граней, призма 2-го рода m съ полнымъ числомъ граней, дигексагональная призма въ видѣ граней, образующихъ дитригональную призму p' ; на нижнемъ концѣ мы имѣемъ грани r нижняго гемиморфнаго ромбоэдра основного 1-го рода въ комбинаціи съ гранями r' нижняго отрицательнаго тупѣйшаго ромбоэдра.

Кристаллъ, изображенный на фиг. 287, можно разсматривать слѣдующимъ образомъ: на верхнемъ концѣ его грани r основного гемиморфнаго ромбоэдра 1-го рода, отрицательный тупѣйшій ромбоэдръ (ср. выше), двѣ тригональныя призмы 1-го рода; на нижнемъ концѣ грани двухъ нижнихъ основныхъ ромбоэдровъ 1-го рода, положительнаго r и отрицательнаго r' .

Мы напомнимъ здѣсь, что гексагональные трапецоэдры, отдѣльно или въ комбинаціяхъ, до сихъ поръ не были наблюдаемы, но крайней мѣрѣ съ увѣренностью. Хорошимъ образцомъ естественныхъ кристалловъ, принадлежащихъ къ пирамидальной геміэдріи, является апатитъ (см. фиг. 245 и 246).

Скаленоэдрическая (ромбоэдрическая) геміэдрія прекрасно выражена на кристаллахъ кальцита — CaCO_3 , углекислый кальцій, кристаллизующійся въ видѣ ромбоэдровъ, скаленоэдровъ и проч. (см. фиг. 256, 259 и др.).

Кварцъ (по составу SiO_2) представляетъ хорошій примѣръ тетраэдріи трапецоэдрической: на немъ наблюдаются тригональная пирамида и тригональный трапецоэдръ, ясно выраженные, но подчиненные гексагональной призмѣ 1-го рода и ромбоэдрамъ 1-го рода положительному и отрицательному (см. фиг. 283 а и 283 б).

По положенію граней тригональной пирамиды и тригональнаго трапецоэдра видно ихъ генетическое соотношеніе съ пирамидою 2-го рода и скаленоэдромъ. такъ какъ грани тригональной пирамиды прямо сѣзываютъ комбинаціонные ребра призмы и ромбоэдровъ 1-го рода, а тригональный трапецоэдръ сѣзываетъ ихъ косвенно.

На діоптазѣ (фиг. 284), въ комбинаціи съ ромбоэдромъ 1-го рода и гексагональною призмою 2-го рода, наблюдаются грани ромбоэдра 3-го рода, — какъ мы уже замѣтили, ромбоэдръ этотъ, по положенію, соответствуетъ скаленоэдру съ половиннымъ числомъ граней.

Въ кристаллахъ фенакита (фиг. 285) встрѣчаются ромбоэдры всѣхъ трехъ родовъ—соотношеніе между гранями этихъ формъ 1-го, 2-го и 3-го рода ясно при разсматриваніи чертежа и при тѣхъ соображеніяхъ, которыя развиты выше.

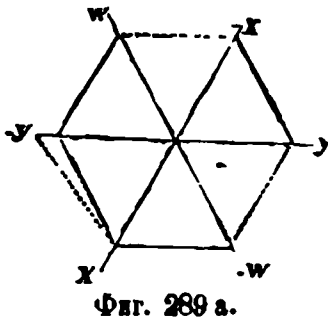


Фиг. 288.

Огдоэдрическія формы наблюдаются на кристаллахъ состава $\text{NaJ}0_4\text{3H}_2\text{O}$ (фиг. 288), напр., тригональная пирамида 1-го рода (r) верхняя положительная и острѣйшая отрицательная (r'). въ комбинаціи съ тригональною пирамидою 2-го рода верхнею (s). косвенно притупляющею вершинный уголъ положительной пирамиды 1-го рода, и нижнимъ пинакондомъ (o); эта комбинація напоминаетъ верхнюю половину фенакита (фиг. 285), но фенакитъ, здѣсь изображенный, богаче формами, входящими въ комбинацію.

Особенное обозначеніе ромбоэдровъ и скаленоэдровъ.

Будемъ разсматривать отдѣльно, комбинацію ромбоэдра съ скаленоэдромъ, гдѣ комбинаціонныя ребра обѣихъ этихъ формъ параллельны



Фиг. 289 а.

среднихъ ребрамъ скаленоэдра и вершиннымъ ребрамъ ромбоэдра, такъ что всегда можно найти здѣсь двѣ грани ромбоэдра и одну грань скаленоэдра, образующія одну зону, наприм. (фиг. 259 и 289 b): возьмемъ грани ромбоэдра r_1 и r_2 (сравн. фиг. 253) такъ, чтобы параметры ихъ были $\hat{1} \infty : m'$ и $\hat{1} \hat{1} : m'$, отсюда индексы r ($m' 0 1$) и r' ($\bar{m}' m' 1$);

для грани скаленоэдра s имѣемъ параметры $\hat{1} : -n : m$, отсюда индексы s ($m n n$);

такъ какъ грани r , r' и s въ одной зонѣ, то можно написать

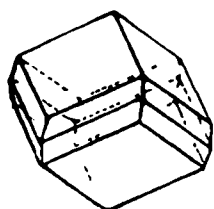
$$\begin{array}{c} m' | 0 \quad 1 \quad m' \quad 0 \quad 1 \\ \times \quad \times \quad \times \\ \hline \bar{m}' | m' \quad 1 \quad \bar{m}' \quad m' | 1 \\ (0 - m') \quad (-m' - m') \quad (m'^2 - 0) \\ \text{то ест} \quad -m' \quad -2m' \quad m'^2 \end{array}$$

умножаемъ соотвѣтственно на индексы грани s , складываемъ и приравняемъ 0

$$\begin{array}{l} (-m' - mn) + (-2m' \cdot m) + (m'^2 \cdot -n) = 0 \\ mn - 2m - m'n = 0 \quad \text{и} \quad -m' = \frac{m(2-n)}{n} \end{array}$$

такъ какъ у ромбоэдра параметры по вертикальной оси одинаковы вверхъ и внизъ, то мы можемъ принять вообще $m' = \frac{m(2-n)}{n}$, какъ абсолютное значеніе для ромбоэдра, грани котораго образуютъ зону съ гранями скаленоэдра, связаннаго генетически съ пирамидою mPn .

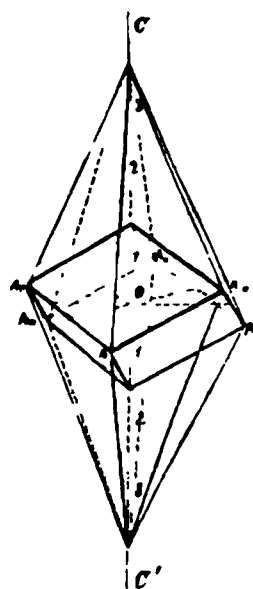
Комбинація, которую мы здѣсь разсмотрѣли, часто встрѣчается на минералѣ кальцитѣ, той разновидности углекислой извести, CaCO_3 , которая



Фиг. 289 b.

кристаллизуется въ формахъ гексагональной системы: представимъ себѣ кристаллъ этого минерала въ формѣ скаленоэдра, что наблюдается очень часто; ударами молотка по этому кристаллу, вслѣдствіе отлично выраженной спайности у кальцита, легко по-

лучаются грани ромбоэдра, расположенныя въ одной зонѣ съ гранями скаленоэдра (фиг. 289b), естественнымъ является принятіе этой формы за основной ромбоэдръ, r, r' въ предыдущемъ случаѣ; на фиг. 289c изображенъ этотъ ромбоэдръ и скаленоэдръ, изъ котораго онъ полученъ по спайности, при чемъ параметръ этого скаленоэдра по вертикальной оси въ три раза больше соотвѣтствующаго параметра у ромбоэдра, имѣющаго съ нимъ одинаковыя сренія ребра. Мы легко опредѣлимъ, какой долженъ быть параметръ n у



Фиг. 289 c.

этого скаленоэдра, въ знакѣ его $\frac{mPn}{2}$, если $m=3$, пользуясь формулою

$m' = \frac{m(2-n)}{n}$, и зная, что здѣсь $m'=1$, такъ какъ ромбоэдръ, грани котораго въ одной зонѣ съ гранями этого скаленоэдра, принятъ за основной. тогда, имѣя $1 = \frac{3(2-n)}{n}$, опредѣляемъ $n = \frac{3}{2}$, то есть скалено-

эдръ опредѣляется, какъ форма $\frac{mPn}{2} = \frac{3P^{3/2}}{2}$; откладывая по вертикальной оси разстояніе равное четыремъ параметрамъ основнаго ромбоэдра, и соединяя полученную точку съ точками $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6$, мы находимъ условія существованія новаго скаленоэдра, грани котораго будутъ находится въ одной зонѣ съ гранями основнаго ромбоэдра:

$1 = \frac{4(2-n)}{n}$, откуда $n = \frac{8}{5}$ и $\frac{mPn}{2} = \frac{4P^{4/5}}{2}$. Очевидно, мы могли бы взять за основу нашихъ вычисленій другой ромбоэдръ напр. такой, для котораго $m'=2$, то есть болѣе острый, тогда въ одной зонѣ съ нимъ находятся грани другого ряда скаленоэдровъ, опредѣляемыхъ помощью выразенія $2 = \frac{m(2-n)}{n}$, напр., для $m=3$, $2 = \frac{3(2-n)}{n}$ и $n =$

$\frac{6}{5}$, следовательно, здѣсь $\frac{m P n}{2} = 3 \frac{P^{6/5}}{2}$: или, напр., для $m=4$, имѣемъ $2 = \frac{4(2-n)}{n}$, откуда $n = \frac{4}{3}$ и $\frac{m P n}{2} = \frac{4 P^{4/3}}{2}$.

Мы видѣли, что для полученія скаленоэдровъ, имѣющихъ общія среднія ребра съ нѣкоторымъ ромбоэдромъ, нужно откладывать по продолженію вертикальной оси этого ромбоэдра величины пропорціональныя длинѣ его вертикальной оси и соединять получаемыя такимъ образомъ точки съ вершинами среднихъ угловъ ромбоэдра (фиг. 289с). Такимъ образомъ, если обозначить основной ромбоэдръ для даннаго минерала R , то скаленоэдры, соотвѣтствующіе $\frac{m P n}{2}$ при $m=3, 4...$ можно выражать $R^3, R^4 ...$ Ромбоэдръ болѣе острый, напр., при $m'=2$, выражается $2R$, а соотвѣтствующіе ему скаленоэдры, при условіяхъ, аналогичныхъ предыдущимъ, выражаются напр.: $2R^3, 2R^4$ въ самомъ общемъ случаѣ, если мы имѣемъ нѣкоторый ромбоэдръ pR , при чемъ p выражаетъ величину параметровъ его граней относительно основнаго ромбоэдра, всѣ скаленоэдры, связанные съ нимъ такъ, какъ выше указано, выражаются знакомъ pR^q , при чемъ q , есть нѣкоторый множитель, напр.: 2, 3, 4, 5... Въ выраженіи pR , при значеніяхъ p , все болѣе и болѣе, получаютъ ромбоэдры болѣе и болѣе острые и предѣлъ ихъ, при $p=\infty$, R — призма 1-го рода: при значеніяхъ p послѣдовательно меньшихъ, получаютъ ромбоэдры болѣе и болѣе тупые и предѣлъ ихъ, при $p=0$, основной пинакоидъ— $0R$.

Въ знакѣ скаленоэдра $p R^q$, при постоянномъ значеніи p , напр. $p=2$, и при постепенномъ увеличеніи q , получаютъ скаленоэдры все болѣе и болѣе острые, когда $q=\infty$, получается призма 2-го рода pR^∞ , а для $q=0$, мы имѣемъ, очевидно, основной пинакоидъ. Мы видимъ, что въ ромбоэдрической геміэдриі гексагональной системы, при помощи знака $\pm pR^q$ и при частныхъ значеніяхъ для p и q , можно обозначать ромбоэдры и скаленоэдры положительные и отрицательные, призмы 1-го рода и 2-го рода, основной пинакоидъ, но для пирамиды 2-го рода пользуются знакомъ $m P 2$. Этотъ способъ обозначенія примѣняется, въ виду большаго разнообразія ромбоэдровъ и скаленоэдровъ, наблюдаемыхъ, напр., на кристаллахъ кальцита (известковый шпатъ).

Мы приведемъ здѣсь нѣкоторыя изъ такихъ комбинаціи:

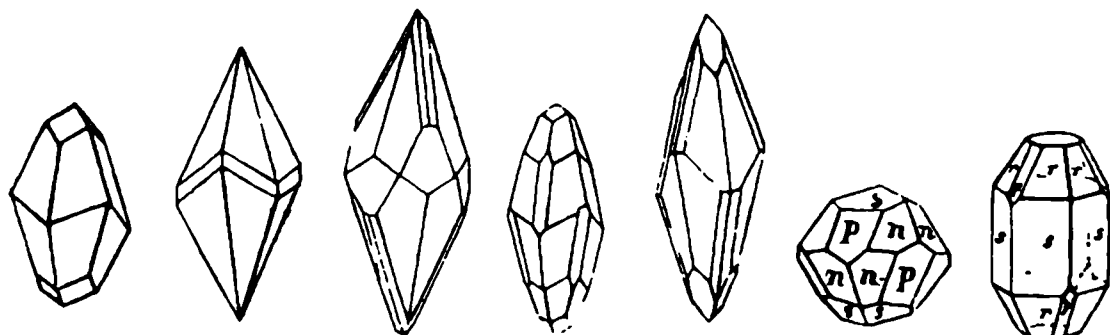
фиг. 289 представляетъ комбинацію ромбоэдра R со скаленоэдромъ R^3 , среднія ребра у обѣихъ формъ общія, преобладаютъ грани ромбоэдра;

фиг. 290 представляетъ такую-же комбинацію, но развитію преобладаютъ грани скаленоэдра;

фиг. 291 представляетъ комбинацію R^3 и R^∞ :

фиг. 292 представляет комбинацію $R^3, \infty R, -\frac{4}{5} R^3$ (это частный случай выражения $p R^q$, для $p = -\frac{4}{3}$ и $q = 3$);

фиг. 293 представляет комбинацію $R^3, R^3, 4R, R$;



Фиг. 290. Фиг. 291. Фиг. 292. Фиг. 293. Фиг. 294. Фиг. 295. Фиг. 296.

Фиг. 294 представляет комбинацію, $R^3, -\frac{4}{5} R^3, 2R$;

всѣ эти комбинаціи наблюдаются на известковомъ шпатѣ;

фиг. 293 представляет комбинацію, наблюдаемую на кристаллахъ желѣзнаго блеска (чистая окись желѣза Fe_2O_3), мы уже приводили раньше съ другимъ обозначеніемъ формъ (фиг. 262, стр. 130), здѣсь она приводится для сравненія обоихъ способовъ обозначенія: $P = R$, $n = -\frac{4}{3} P^2$, $s = \frac{1}{2} R$. Фиг. 296 представляет комбинацію, наблюдаемую на кристаллахъ корунда (по составу чистый глиноземъ Al_2O_3),

$$s = R \infty, r = -\frac{4}{3} P^2, p = R.$$

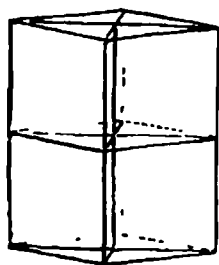
По предложенію Миллера, и, пользуясь его индексами, обозначаютъ положеніе граней основного ромбоэдра относительно трехъ осей, проведенныхъ чрезъ центръ этой формы параллельно нершиннымъ ребрамъ, символами (100), (001), (010); тогда положеніе основного пинаконда опредѣляется (111), такъ какъ эта форма пересѣкаетъ всѣ три оси совершенно симметрично, призма 2-го рода (110), (101) и т. д. призма 1-го рода (121), (211) и т. п.

Обозначеніе это примѣняется иногда при вычисленіи и обозначеніи формъ, обладающихъ тригональною симметріею. Для уясненія себѣ этого обозначенія полезно сопоставить ромбоэдръ съ кубомъ, грани котораго, какъ извѣстно, опредѣляются относительно трехъ осей, проходящихъ чрезъ центръ формы параллельно ребрамъ.

СИСТЕМА РОМБИЧЕСКАЯ.

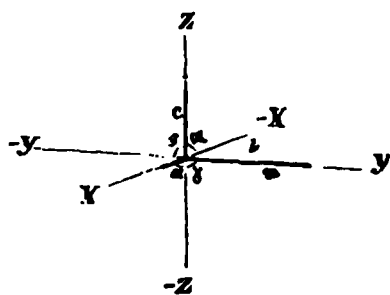
Къ системѣ ромбической относятся формы, обладающія всего тремя плоскостями симметріи, всѣ онѣ пересѣкаются взаимно подѣ

прямыми углами, образуя взаимнымъ пересѣченіемъ три линіи, также взаимно перпендикулярныя, — съ этими линіями совпадаютъ оси симметріи ромбической системы (фиг. 297). Кристаллографическія оси всегда



Фиг. 297.

совмѣщаются съ направле-
ніями осей симметріи, у пол-
ногранныхъ формъ системы.
Опредѣляя, какъ и въ пре-
дыдущихъ системахъ, вели-
чину кристаллографическихъ
осей для данной комбинаціи
ромбическихъ формъ въ пи-
рамидѣ, принимаемой нами



Фиг. 298.

за основную, мы всегда находимъ три оси не равныя

$$a : b : c$$

углы между осями $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (фиг. 298); мы совмѣщаемъ кри-
сталлографическую ось a съ осью координатъ $X—X$, кристаллографи-
ческую ось b съ $Y—Y$, кристаллографическую ось c съ $Z—Z$. Обык-
новенно величину оси b принимаютъ за единицу мѣры для другихъ
осей, тогда длина осей a и c выражается величинами большими или
мѣньшими единицы, напр., у кристалловъ сѣры имѣемъ

$$a : b : c = 0.8130 : 1 : 1.9037.$$

Мы говорили въ своемъ мѣстѣ, что кристаллы ромбической си-
стемы имѣютъ центръ симметріи и что каждая ось симметріи будетъ
осью 2-го порядка, поэтому условіе существованія многогранныхъ
формъ ромбической системы выражается слѣдующимъ образомъ:

$$C, P, P', P'', L^2, L^2_1, L^2_2$$

то есть, въ этихъ формахъ существуетъ центръ симметріи, три плос-
кости симметріи и три оси симметріи 2-го порядка.

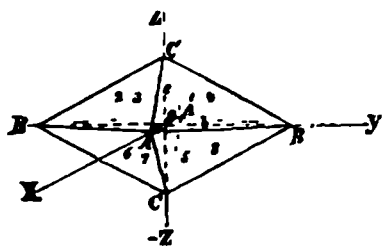
Между осями и плоскостями симметріи, равно между кристалло-
графическими осями и плоскостями, нельзя выделить ни одной, которая
отличалась бы, въ сравненіи съ другими, какими либо особенными
свойствами. Вслѣдствіе этого, выборъ осей въ кристаллахъ ромбической
системы не подчиняется особымъ ограниченіемъ. Обыкновенно данную
форму ромбической системы располагаютъ такъ, чтобъ тупой уголъ въ
двугранной пирамидѣ или призмѣ, принимаемой за основную, былъ на-
правленъ къ наблюдателю, тогда болѣе длинная изъ горизонтальныхъ
осей располагается всею длиною передъ наблюдателемъ, болѣе корот-
кая ось направляется къ наблюдателю, а третья ось расположена вер-
тикально. Первую изъ этихъ осей называютъ *макро-осью* (makro- — длинный
и обозначаютъ буквою b , если координатную ось $Y—Y$ направлять
параллельно наблюдателю, то ось ромбической системы b , совпадаетъ

съ этою осью координатъ. Вторую изъ осей, расположенныхъ въ горизонтальной кристаллографической плоскости, называютъ брахи-осью (*брахи*—короткій) и обозначаютъ буквою a , иногда x ; третью ось называютъ вертикальною осью и означаютъ буквою c , иногда c' , для опредѣленія направленія оси; тогда соотношеніе между кристаллографическими осями ромбической системы выражается слѣдующимъ образомъ:

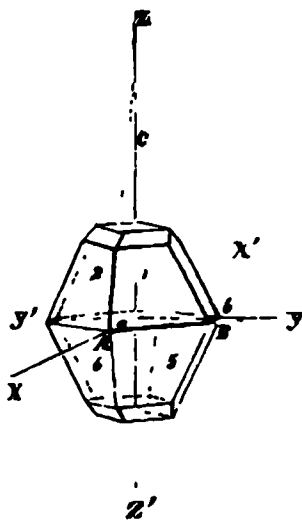
$$a : b : c'$$

Такъ какъ мы принимаемъ, что макро-ось всегда равна единицѣ, то, очевидно, брахи-ось всегда менѣе единицы; вертикальная ось можетъ быть болѣе или менѣе единицы (фиг. 299).

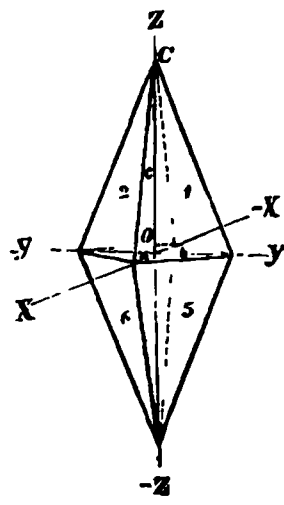
Величина осей $a = AA$, $b = BB$, $c = CC$ опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія координатныхъ осей $X-X$, $Y-Y$, $Z-Z$, проведенныхъ чрезъ центръ кристалла, съ плоскостями пирамиды, которая принимается за основную форму для данной комбинаціи. Фиг. 300 представляетъ такую комбинацію: здѣсь совокупность восьми однородныхъ граней 1.2...5.6... принята за основную пирамиду комбинаціи; продолжаемъ одну изъ ея граней (1) до пересѣченія съ осями координатъ и опредѣляемъ отрезки a , b , c , представляющие по величинѣ и по положенію кристаллографическія оси основной пирамиды въ



Фиг. 299.



Фиг. 300.



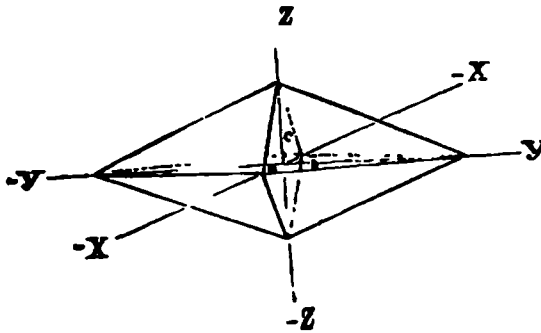
Фиг. 301.

этой комбинаціи. Въ комбинацію могутъ входить пирамиды и другія формы, — выбравъ одну изъ пирамидъ за основную, опредѣляютъ величину осей ея a , b , c для данного вещества, кристаллизующагося въ ромбической системѣ, напр. для CaSO_4 (безводный сернокислый кальцій), S (сѣра). Мы уже имѣли выраженіе для относительной величины осей въ кристаллѣ сѣры

$$a : b : c' = 0.8130 : 1 : 1.9037,$$

какъ видно, отношеніе длины осей a и c' къ длинѣ оси b выражается сложными ирраціональными выраженіями, — впоследствии мы увидимъ, что отношенія параметровъ *отдельныхъ* формъ, образующихъ данную комбинацію, выражаются числами простыми, раціональными. Мы имѣемъ

чертежъ (фиг. 301). изображающій пирамиду съ отношеніемъ осей $a : b : c = 0.8130 : 1 : 1.9037$, очевидно, форма эта вытянута по вертикальной оси, такъ какъ ось эта, въ данномъ случаѣ, длиннѣе обѣихъ другихъ осей. Но мы можемъ повернуть эту пирамиду около брахи-оси такъ, чтобъ вертикальная ось приняла положеніе макро-оси, а макро-ось приняла положеніе вертикальной оси (фиг. 302), тогда, по условію, за единицу мѣры для осей мы должны принять длину



Фиг. 302.

новой макро-оси (бывшей вертикальной оси) и получимъ отношеніе

$$a' : b' : c' = 0.8120 : 1.9027 : 1$$

мы ставимъ значки, чтобъ отмѣтить отличіе этихъ осей отъ предыдущихъ; раздѣлимъ всѣ оси на 1.9037, такъ какъ эта величина является единицею ихъ мѣры

$$a' : b' : c' = \frac{0.8130}{1.9037} : 1 : \frac{1}{1.9037} = 0.4261 : 1 : 0.5253.$$

Очевидно, это та же пирамида, такъ какъ здѣсь абсолютная длина осей не мѣняется, измѣняется лишь относительная ихъ длина, въ виду того, что измѣнена единица мѣры; теперь эта пирамида вытянута болѣе по макро-оси (фиг. 302), взявъ пирамиду въ новомъ положеніи, то есть, при соотношеніи осей $a' : b' : c' = 0.4261 : 1 : 0.5253$, мы можемъ повернуть ее такимъ образомъ около новой макро-оси, чтобъ брахи-ось приняла положеніе вертикальной оси, а вертикальная ось приняла положеніе брахи-оси, тогда будемъ имѣть

$$a'' : b'' : c'' = 0.5253 : 1 : 0.4261.$$

Мы не можемъ принимать самую короткую ось за макро-ось, такъ какъ это противорѣчило бы ея названію, но въ другихъ отношеніяхъ мы совершенно свободны, такъ что вертикальною осью у насъ можетъ быть и самая короткая, и самая длинная, но за единицу мѣры мы всегда выбираемъ макро-ось, хотя и это является совершенно условнымъ.

Ясно, что въ ромбической системѣ, въ кристаллографическомъ отношеніи, всѣ оси однозначущи, онѣ различаются лишь величиною, поэтому, мы не имѣемъ здѣсь главной оси, — мы не имѣемъ здѣсь и главной плоскости.

Такимъ образомъ, выбравъ въ данной комбинаціи ромбической системы, при опредѣленной постановкѣ формъ, одну пирамиду за основную, и опредѣливъ въ ней макро-ось, брахи-ось и вертикальную ось,

мы относимъ всѣ другія формы комбинаціи къ осямъ координатъ, совпадающимъ по направленію съ этими осями и опредѣляемъ параметры всѣхъ формъ по сравненію съ параметрами основной пирамиды, то есть, по сравненію съ величиною кристаллографическихъ осей, a , b , c .

Полногранные формы и ихъ комбинаціи

Для изученія полногранныхъ формъ ромбической системы въ ихъ взаимномъ соотношеніи возьмемъ три линіи находящіяся по величинѣ и взаимному положенію въ тѣхъ условіяхъ, каковы удовлетворяютъ кристаллографическія оси ромбической системы, то есть — эти линіи взаимно перпендикулярны и по величинѣ удовлетворяютъ нѣкоторому соотношенію a b c .

Мы совмѣщаемъ эти три линіи съ системою прямоугольныхъ координатныхъ осей такъ, чтобы мѣсто взаимнаго пересѣченія этихъ линій совпадало съ началомъ координатъ, линія a направляется по оси XX , линія b направляется по оси YY линія c направляется по оси ZZ , очевидно при этомъ $a = OA$ $b = OB$, $c = OC$ (фиг. 299).

Очевидно, оси симметріи системы, при этомъ, совпадаютъ съ осями координатъ, центръ симметріи совпадаетъ съ началомъ координатъ, плоскости симметріи совпадаютъ съ плоскостями координатъ. Положеніе плоскостей ограниченія формъ ромбической системы выражается отрѣзками координатныхъ осей которые плоскости дѣлаютъ непосредственно или по продолженію до пересѣченія съ осями координатъ, — какъ, извѣстно такіе отрѣзки называются параметрами плоскостей

Представимъ себѣ форму (фиг. 299), ограниченную одноименными и одинаково расположенными гранями, параметры которыхъ равны или пропорціональны величинамъ a , b , c , при чемъ a соотвѣтствуетъ брахи-оси, b — макро-оси, c — вертикальной оси

Очевидно, грань 1, пересѣкающая оси координатъ на расстояніяхъ отъ начала координатъ равныхъ a , b , c со знаками $+$, находится въ правомъ верхнемъ переднемъ октантѣ, симметрия полногранныхъ формъ ромбической системы обусловливаетъ существованіе аналогичной грани 2 въ лѣвомъ верхнемъ переднемъ октантѣ, параметры этой грани a — b c по правилу Декарта и при условіи, что ось YY параллельна наблюдателю.

Для 4 грани, въ правомъ верхнемъ заднемъ октантѣ, имѣемъ a b , c , для грани 3 въ лѣвомъ верхнемъ заднемъ октантѣ имѣемъ a — b c , для соотвѣтствующихъ граней въ нижнихъ октантахъ 5, 6, 7, 8 мы имѣемъ соотвѣтствующія обозначенія, при чемъ значеніе c

всегда отрицательно (—). Совокупность такихъ граней образуетъ форму аналогичную октаэдру кубической системы или пирамидѣ квадратной системы, она называется *ромбической пирамидою*.

Если отношеніе параметровъ всѣхъ граней рассматриваемой пирамиды принимается за отношеніе осей для данной комбинаціи ромбической системы, мы назовемъ такую форму основною пирамидою комбинаціи и обозначаемъ ее

$$a:b:c \text{ или } P, \text{ или-же } \{111\}.$$

Ромбическая пирамида ограничена восемью неравносторонними треугольниками,—три плоскости симметріи совпадаютъ въ ней съ тремя сѣченіями, которыя различаются слѣдующимъ образомъ: макро-ось и брахи-ось находятся въ *основномъ* сѣченіи, перпендикулярно основному сѣченію располагается вертикальная ось, въ *макродіагональномъ* сѣченіи находятся макро-ось и вертикальная ось, въ *брахидіагональномъ* сѣченіи находятся вертикальная ось и брахи-ось.

Соотвѣтственно этимъ сѣченіямъ опредѣляются ребра пирамиды: четыре основныя ребра паходятся въ основномъ ея сѣченіи, другія ребра располагаются, также по четыре, въ макро-діагональномъ и брахидіагональномъ сѣченіяхъ—такимъ образомъ мы имѣемъ въ ромбической пирамидѣ ребра основныя, макро-ребра и брахи-ребра, всего 12 реберъ: сѣченія пирамиды, опредѣляемыя ребрами. всѣ *ромбы*, отсюда названіе системы. Съ пирамидою въ генетическомъ отношеніи находятся всѣ формы ромбической системы.

Обозначаемъ пирамиду въ самой общей формѣ

$$mPn \text{ или } na:b:mc, a:nb:mc, \text{ или } ;hkl\}.$$

Въ знакѣ mPn коэффициентъ m соотвѣтствуетъ вертикальной оси пирамиды, n соотвѣтствуетъ макро-оси или-же брахи-оси.

Такимъ образомъ если $a:b:c$ выражаетъ основную пирамиду, то $na:b:mc$ выражаетъ пирамиду, которая, при одинаковой съ нею макро-оси, болѣе вытянута по брахи-оси (n всегда болѣе 1) и болѣе или-же менѣе вытянута по вертикальной оси (m можетъ быть болѣе или менѣе 1); $a:nb:mc$ при тѣхъ же условіяхъ выражаетъ пирамиду, въ которой брахи-ось та же, что въ основной пирамидѣ, но макро-ось больше, кромѣ того пирамида болѣе или-же менѣе вытянута по вертикальной оси.

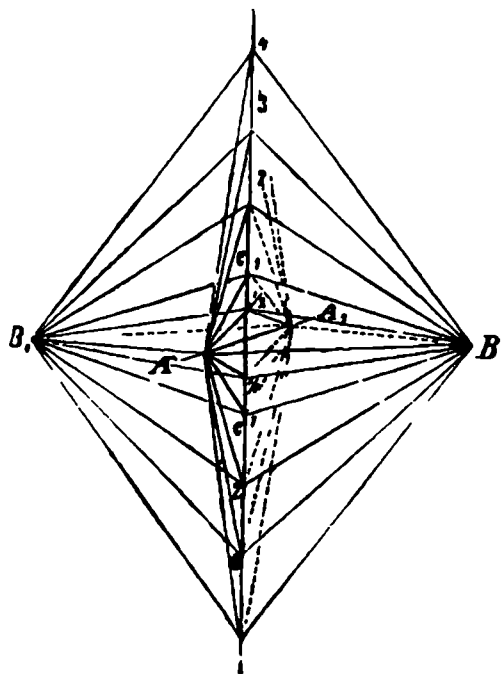
Измѣняя численныя значенія коэффициентовъ m и n , мы получимъ всѣ формы ромбической системы. Если въ общемъ знакѣ ромбической пирамиды принимаемъ $m=n=1$, получается основная пирамида P или $a:b:c$, въ символѣ $;hkl\}$ это соотвѣтствуетъ, при $k=l$, $;hh\}$ или $\{111\}$.

Полагая $n=1$, при m послѣдовательно равномъ 2, 3, 4 ..., мы получаемъ рядъ пирамидъ. имѣющихъ основное сѣченіе то же, что у

основной пирамиды, но болѣе и болѣе острыхъ—совокупность ихъ представляетъ острѣйшія пирамиды основного ряда; при $n = 1$ и полагая m послѣдовательно равнымъ $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... мы получаемъ тупѣйшія пирамиды основного ряда. На чертежѣ (фиг. 303) $AA'BB'CC'$ —основная пирамида P , рядъ острѣйшихъ пирамидъ $2P$, $3P$, $4P$ и одна тупѣйшая $\frac{1}{2}P$. Измѣряя двугранные углы и, на основаніи полученныхъ величинъ, вычисляя частныя значенія m , мы получаемъ числа цѣлыя рациональныя или отношенія этихъ чиселъ.

Слѣдовательно, $mP = a : b : mc$ есть общій знакъ всѣхъ пирамидъ основного ряда.

Очевидно, чѣмъ болѣе численное значеніе коэффиціента m въ знакѣ ромбической пирамиды основного ряда, тѣмъ больше величина двугранныхъ угловъ, соотвѣтствующихъ ребрамъ основного сѣченія; при $m = \infty$, величина этихъ двугранныхъ угловъ равна 180° и каждая пара граней, образовавшихъ двугранный уголъ, сливается въ одну грань. параллельную вертикальной оси—такимъ образомъ, получаются четыре



Фиг. 303.

плоскости, пересѣкающія оси координатъ XX' и YY' на расстояніяхъ a и b , и направляющіяся параллельно вертикальной оси координатъ ZZ' ; совокупность этихъ плоскостей составляетъ вертикальную призму съ ромбическимъ основаніемъ; слѣдовательно, если въ знакѣ $mP = a : b : mc$ полагать $m = \infty$, получаемъ основную призму ромбической системы $\infty P = a : b : \infty c$, $\{h\bar{h}0\}$ или $\{110\}$.

Уменьшая послѣдовательно значенія m , мы будемъ получать пирамиды основного ряда болѣе и болѣе тупыя, при чемъ, очевидно, двугранные углы, соотвѣтствующіе верхнимъ и нижнимъ ребрамъ пирамидъ, дѣлаются болѣе и болѣе тупыми, при $m = 0$, всѣ эти углы равны 180° и восемь граней пирамиды сливаются въ плоскость, совпадающую съ основнымъ сѣченіемъ пирамиды—мы получаемъ основной пинакоидъ, базопинакоидъ, ромбической системы, знакъ котораго

$$0P = a : b : 0c.$$

По обозначенію, плоскость эта совпадаетъ съ основнымъ сѣченіемъ системы, на самомъ же дѣлѣ базопинакоидъ въ полногранныхъ формахъ

состоить изъ двухъ граней параллельныхъ основному сѣченію. Отношеніе этой формы къ боковымъ осямъ системы, въ связи съ производствомъ ея отъ ромбической пирамиды, можно представить слѣдующимъ образомъ: $a : b : mc$ и $a : b : -mc$, гдѣ знакъ (—) соответствуетъ нижнему направлению вертикальной оси, можно выразить

$$\frac{a}{m} : \frac{b}{m} : c \text{ и } \frac{a}{m} : \frac{b}{m} : -c$$

полагая $m = 0$, имѣемъ $\infty a : \infty b : c$ и $\infty a : \infty b : -c$, то есть, получаемъ грани, пересѣкающія вертикальную ось на равныхъ разстояніяхъ отъ центра кристалла и направляющіяся параллельно осямъ a и b слѣдовательно, параллельно основному сѣченію; очевидно, мы можемъ обозначать эти плоскости также (001) и (001).

Мы получаемъ основной рядъ формъ ромбической системы въ зависимости отъ значеній коэффициента m въ общемъ знакѣ mP :

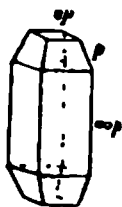
$$\begin{array}{ccccccc} m=0 & m<1 & m=1 & m>1 & m=\infty \\ 0P \dots mP \dots P \dots mP \dots \infty P. \end{array}$$

Очевидно, всѣ формы основного ряда, вступая во взаимныя комбинаціи, образуютъ ребра параллельныя основному сѣченію, и грани ихъ образуютъ зоны, напр., на фиг. 304 мы имѣемъ основную призму, пирамиду основного рода и основной пинакоидъ.

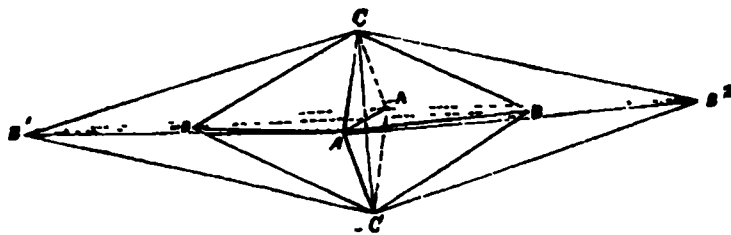
Если въ общемъ знакѣ ромбической пирамиды mPn измѣняются значенія n соответственно макро-оси.

$$a : n\bar{b} : mc' = mPn$$

то, очевидно, по сравненію съ пирамидою основного ряда $\bar{a} : \bar{b} : mc'$, рассматриваемая нами пирамида $\bar{a} : n\bar{b} : mc'$ болѣе вытянута по макро-оси $B^1 B^2$ (фиг. 305). Такимъ образомъ, если $ABC \dots$ основная пирамида,



Фиг. 304.



Фиг. 305.

то $AB^2 CB^1 \dots$ пирамида, вытянутая по макро-оси болѣе, нежели основная пирамида, такъ какъ $B^1 B^2 = 2B - B$, и знакъ $mPn = \bar{a} : n\bar{b} : mc'$

будетъ имѣть видъ $P\bar{2} = a : 2\bar{b} : c$ или $\{212\}$. Точно также, для точекъ

$B\frac{3}{2}$ мы имѣли бы пирамиду $P\frac{3}{2} = a : \frac{3}{2}\bar{b} : c'$ или $\{323\}$. Эти пирамиды, вытянутыя по макро-оси, называются пирамидами макро-ряда.

Увеличивая последовательно, при определенном значении m , значения n въ знакѣ $mP\bar{n}$, мы будемъ получать пирамиды, болѣе и болѣе вытянутыя по макро-оси; въ этихъ макро-пирамидахъ, по мѣрѣ увеличенія значеній коэффициента n , увеличиваются двугранные углы пирамидъ, соотвѣтствующіе брахи-сѣченію, когда $\bar{n} = \infty$, то эти углы равны 180° , и каждая пара граней, пересекающихся въ этомъ ребрѣ, сливается въ одну плоскость, параллельную макро-оси ($B-B$),—всѣ четыре пары граней пирамиды даютъ четыре плоскости, образующія призматическую форму, расположенную параллельно макро-оси.

Такія призматическія формы, располагающіяся параллельно горизонтальнымъ осямъ ромбической системы, мы называемъ дѣлами—параллельно макро-оси располагается макро-дѣла: $mP\infty = \bar{a} : \infty \bar{b} : mc'$ или $\{h^x o l^y\}$, мы видимъ, что грани этой дѣлы пересекаются брахи-осью и вертикальную ось, направляясь параллельно макро-оси.

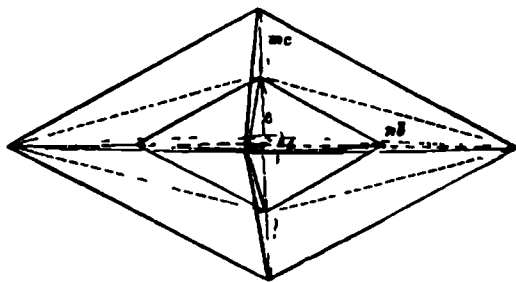
Имѣя пирамиду основного ряда mP , гдѣ $m < 1$ или $m > 1$, можно переходить къ пирамидамъ макро-ряда, увеличивая параметры пирамиды основного ряда по макро-оси, такимъ образомъ, для $m < 1$ и для $m > 1$, имѣемъ:

$$mP \dots mP\bar{n} \dots mP\infty;$$

для $m = 1$, то есть, соотвѣтственно основной пирамидѣ, имѣемъ:

$$P \dots P\bar{n} \quad P\infty.$$

Пирамида $mP\bar{n} = \bar{a} : n\bar{b} : mc'$, гдѣ $m > 1$ и $n > 1$, по сравненію съ основною пирамидою $P \equiv a : b :$, вытянута по вертикальной оси на разстояніе mc , по макро-оси на разстояніе $n\bar{b}$ (фиг. 306).



Фиг. 306.

При $m = \infty$ и $n = 1$ въ знакѣ $mP\bar{n}$ получается ∞P основная призма, если-же $m = \infty$, $n > 1$, то получается макро-призма $\infty P\bar{n}$,

напр. $\infty P\frac{3}{2}$, соотвѣтственно макро-пирамидѣ $mP\frac{3}{2}$; полагая n по-

следовательно равнымъ 2, $\frac{5}{2}$, 3... будемъ имѣть макро-призмы болѣе и болѣе вытянутыя по макро-оси, у такихъ призмъ ребра, соотвѣтствующія брахи-сѣченію, дѣлаются все болѣе и болѣе тупыми, при $n = \infty$ тупые углы призмы равны 180° и. вѣсто двухъ паръ граней призмы параллельныхъ вертикальной оси и пересекающихся боковыхъ осей на разстояніяхъ конечныхъ, получаютъ двѣ плоскости параллельныя вертикальной оси и макро-оси, следовательно, параллельныя макродіаго-

нальному сѣченію, знакъ такой формы $\infty P \overline{\infty} = a : \infty b : \infty c$ или $\{ \overset{x}{1} \overset{y}{0} \overset{z}{0} \}$, она называется макропинакоидомъ; такимъ образомъ, получается рядъ:

$$\infty P \dots \infty P \bar{n} \dots \infty P \overline{\infty}.$$

Точно такъ-же мы переходимъ отъ пирамиды $m P \check{n} = n \check{a} : \bar{b} : m c'$, ко всѣмъ пирамидамъ брахи-ряда, грани которыхъ, пересѣкая брахи-ось ($A-A$) послѣдовательно на большихъ разстояніяхъ, наконецъ располагаются ей параллельно и принимаютъ положеніе граней брахи-домъ.

$m P \check{\infty}$ Полагая въ знакѣ $m P \check{n} = n \check{a} : \bar{b} : m c'$ значеніе $m = \infty$, мы получаемъ общій знакъ брахи-призмъ $\infty P \bar{n} = n \check{a} : \bar{b} : c'$; при частныхъ значеніяхъ $n > 1$, напр. $\frac{3}{2}, 2, \frac{5}{2}, 3$. получается рядъ брахи-призмъ

$$\infty P \frac{3}{2}, \infty P \check{2}, \infty P \frac{5}{2} \dots \text{ и при } n = \infty \text{ получается } \infty P \check{\infty} = \check{a} : \bar{b} : \infty c$$

или $\{ \overset{x}{0} \overset{y}{1} \overset{z}{0} \}$, форма по условіямъ образованія аналогичная макропинакоиду, но расположенная параллельно брахидіагональному сѣченію, она называется брахи-пинакоидомъ. Мы будемъ обозначать брахи-формы краткимъ знакомъ ($\sim$) и получимъ слѣдующіе ряды:

$$\left. \begin{array}{lll} m \leq 1, & m P & m P \check{n} \dots m P \check{\infty} \\ m = 1, & P & P \check{n} \dots P \check{\infty} \\ m = \infty, & \infty P & \infty P \check{n} \dots \infty P \check{\infty} \end{array} \right\} \text{ брахи-пирамиды и брахи-домы.}$$

$$\infty P \check{\infty} \dots \infty P \bar{n} \dots \infty P \overline{\infty} \text{ брахи-призмы и брахи-пинакоидъ.}$$

Сопоставляя формы ромбической системы, мы получаемъ слѣдующее соотношеніе:

$m = 0$	$0P$	$0P$	$0P$	$0P$	$0P$
$m < 1$	$m P \check{\infty}$	$m P \check{n}$	$m P$	$m P \bar{n}$	$m P \overline{\infty}$
$m = 1$	$P \check{\infty}$	$P \check{n}$	P	$P \bar{n}$	$P \overline{\infty}$
$m > 1$	$m P \check{\infty}$	$m P \check{n}$	$m P$	$m P \bar{n}$	$m P \overline{\infty}$
$m = \infty$	$\infty P \check{\infty} \dots$	$\infty P \check{n}$	∞P	$\infty P \bar{n}$	$\infty P \overline{\infty}$

Слѣдовательно, полногранные формы ромбической системы могутъ быть приведены къ тремъ типамъ: пирамиды, призмы горизонтальныя и вертикальныя, пинакоиды горизонтальныя и вертикальныя.

Характеристика ромбическихъ пирамидъ сдѣлана выше, мы прибавимъ здѣсь, что во всякой пирамидѣ существуютъ, $2 + 2 + 2 = 6$, шесть ромбическихъ угловъ.

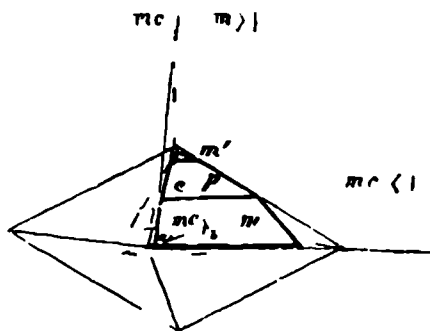
Базопинакоидъ, въ комбинаціи съ ромбическою пирамидою, сръзывается у нея симметрично тѣ четырехгранные углы, чрезъ которые проведена вертикальная ось; макро-пинакоидъ и брахи-пинакоидъ сръзываютъ такимъ-же образомъ углы, чрезъ вершины которыхъ проходятъ

соотвѣтственно, брахи-ось и макро-ось. Фиг. 307 представляетъ комбинацію ромбической пирамиды со всѣми пинакоидами p —пирамида, c —базопинакоидъ, b —макропинакоидъ, a —брахипинакоидъ, всѣ пинакоиды являются здѣсь въ видѣ ромбовъ, параллельныхъ плоскостямъ симметрии пирамиды.

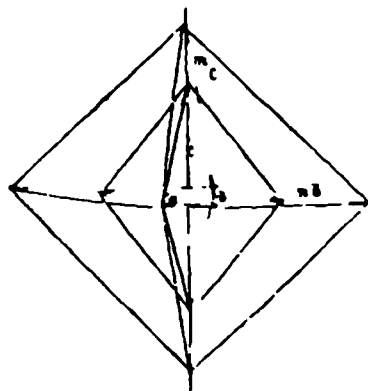
Когда въ комбинацію вступаютъ пирамиды, необходимо различать ряды этихъ пирамидъ. Допустимъ, что (фиг. 308) P основная пирамида, ели m пирамида основного ряда, но болѣе острая, $mP (m > 1)$, то грани ея располагаются ближе къ основному сѣченію основной пирамиды и обусловливаютъ появленіе болѣе тупыхъ реберъ, соотвѣтствующихъ этому сѣченію основной пирамиды, если-же въ комбинацію съ основною пирамидою вступаетъ болѣе тупая (m') пирамида также основного ряда, то грани этой послѣдней располагаются при вершинѣ основной пирамиды, соотвѣтственно чему получаютъ четыре ребра, расположенныя ближе къ концу вертикальной оси. На рисункѣ пунктиромъ по-



Фиг 307



Фиг 308



Фиг 309

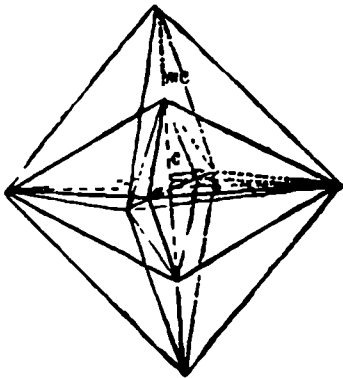
казаны соотвѣтствующіе абсолютныя размѣры обѣихъ пирамидъ (m) и (m'), вступающихъ въ комбинацію съ основною пирамидою (p), но если мы приведемъ обѣ пирамиды (m) и (m') къ одному основанію съ пирамидою (p), сдвигая грани этихъ пирамидъ параллельно самимъ себѣ до тѣхъ поръ, пока основныя ребра ихъ не совпадутъ съ основными ребрами пирамиды (p), то увидимъ, что пирамида (m) заключаетъ въ себѣ основную пирамиду (p), а пирамида (m') сама заключена въ основной пирамидѣ

Для того, чтобъ представить, какъ вступаютъ во взаимныя комбинаціи пирамида основная и пирамида макро-ряда, мы представимъ основную пирамиду $P = a \ b \ c$ внутри макро-пирамиды $mP \bar{n} = \bar{a} \ \bar{b} \ \bar{m}c'$, $m > 1$ (фиг. 309), сдвигая всѣ грани макро-пирамиды параллельно самимъ себѣ, мы получимъ комбинаціонную форму грани макро-пирамиды располагаются на брахи-ребрахъ основной пирамиды

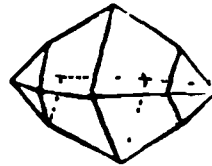
Если $m = 1$, то грани обѣихъ пирамидъ. вступая въ комбинацію,

образуютъ въ брахи-сѣченіи ребра взаимно параллельныя и параллельныя ребру основной пирамиды; если $m > 1$, то грани макро-пирамиды садятся ближе къ основному сѣченію; если $m < 1$, то грани эти садятся ближе къ вершинѣ основной пирамиды: такимъ образомъ, грани макро-пирамиды всегда расположены на брахи-ребрахъ основной пирамиды.

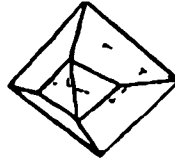
Путемъ аналогичныхъ разсужденій мы приходимъ къ заключенію, что грани брахи-пирамидъ должны быть расположены на макро-ребрахъ основной пирамиды. Фиг. 310а изображаетъ основную пирамиду $P = a : b : c$, брахи-пирамиду $P \checkmark = \checkmark a : \checkmark b : 'c$ и брахи-пирамиду болѣе острую $\checkmark a : \checkmark b : mc'$; на фиг. 310b представлена комбинація основной пирамиды съ брахи-пирамидою.



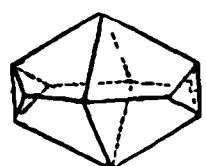
Фиг. 310а.



Фиг. 310b.



Фиг. 311.

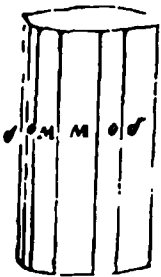


Фиг. 312.

Къ характеристикѣ призмъ вертикальныхъ, мы прибавимъ, что основная призма притупляетъ среднія ребра основной пирамиды такъ, что данная грань призмы находится въ одной зонѣ съ гранями основной пирамиды верхнею и ниж-

нею; макро-призмы притупляютъ среднія ребра основной пирамиды у брахи-реберъ ея (фиг. 311), брахи-призма притупляетъ среднія ребра основной пирамиды, располагаясь у ея макро-реберъ (фиг. 312). разсматривая вертикальные столбцы въ таблицѣ формъ ромбической системы (стр. 164), мы видимъ, что всѣ формы одного ряда, вступая во взаимныя комбинаціи, образуютъ комбинаціонныя ребра взаимно параллельныя, при условіи равенства коэффиціента n одной и той-же численной величины.

Призмы основныя, макро-призмы и брахи-призмы, въ комбинаціяхъ относятся взаимно такъ, какъ соотвѣтствующія пирамиды. то есть: макро-призма (M) притупляетъ брахи-ребра основной призмы o , брахи-призма (b) притупляетъ макро-ребра у основной призмы (фиг. 313).



Фиг. 313.

Положеніе макро-домъ и брахи-домъ въ комбинаціяхъ легко опредѣляется послѣ того, какъ мы опредѣлили положеніе осей: мы знаемъ, что грани макро-домы направлены параллельно макро-оси; въ числѣ домъ могутъ быть болѣе острыя, соотвѣтствующія значенію $m > 1$ въ знакѣ $m P \bar{\infty}$ и $m P \infty$, болѣе тупыя, соотвѣтствующія значенію $m < 1$, промежу-

точный характеръ въ этомъ отношеніи имѣютъ дѣлы, соотвѣтствующія $m=1$ и обозначаемыя P_{∞} и P_{∞} , онѣ находятся въ одномъ горизонтальномъ рядѣ съ пирамидами P_n , P , P_n .

Мы рассмотримъ теперь другую номенклатуру полногранныхъ формъ ромбической системы, въ связи съ обозначеніемъ граней по способу Миллера; мы припомнимъ, что всѣ полногранные формы ромбической системы могутъ быть приведены къ тремъ типамъ: пирамиды, призмы горизонтальныя и вертикальныя, пинакоиды горизонтальныя и вертикальныя. Соотвѣтственно этому различаются:

Ромбическая бипирамида	($\overset{x}{h}\overset{y}{k}\overset{z}{l}$)
{ Призма 1-го рода	($0kl$)
Призма 2-го рода	($k0l$)
Призма 3-го рода	(hko)
Пинакоидъ первый	(100)
Пинакоидъ второй	(010)
Пинакоидъ третій	(001).

При частныхъ значеніяхъ h , k , l получается все разнообразіе формъ, за основныя формы принимаются такія, которыя можно обозначать (111), при $h=k=l$; (011), (101), (110). Съ названіемъ «бипирамида» мы познакомились раньше и смыслъ его понятенъ, въ виду существованія гемиморфныхъ пирамидъ; горизонтальныя призмы, дѣлы, здѣсь называются призмами 1-го рода и 2-го рода, такъ какъ брахиось по направленію совпадаетъ съ осью XX (фиг. 298), то призма 1-го рода ($0kl$) соотвѣтствуетъ брахи-дѣлу, и такъ какъ макроось по направленію совпадаетъ съ осью YY (фиг. 298), то призма 2-го рода ($k0l$) соотвѣтствуетъ макро-дѣлу. Призма 3-го рода (hko) соотвѣтствуетъ вѣртикальной ~~оси~~. Пинакоидъ первый (100), пересекающій ось XX' и параллельный макродіагональному сѣченію, соотвѣтствуетъ макропинакоиду; пинакоидъ второй (010) соотвѣтствуетъ очевидно брахи пинакоиду, пинакоидъ третій (001) соотвѣтствуетъ основному пинакоиду.

Мы уже сказали, что основная пирамида $\{111\}$, пирамиды основнаго ряда выражаются $\{hkl\}$, для формъ болѣе острыхъ $h>l$, для формъ болѣе тупыхъ, по сравненію съ основною пирамидой, $h<l$.

Для макропирамидъ, въ знакѣ $\{hkl\}$, $h>k$, напр. $\{\overset{x}{2}\overset{y}{1}\overset{z}{6}\}$, $\{\overset{x}{2}\overset{y}{1}\overset{z}{4}\}$; для брахи-пирамидъ, въ знакѣ $\{hkl\}$, $h<k$, напр. $\{\overset{x}{1}\overset{y}{4}\overset{z}{1}\}$, $\{\overset{x}{1}\overset{y}{2}\overset{z}{3}\}$. Для макропризмъ и для брахи-призмъ, въ знакѣ $\{hko\}$, очевидно, имѣется тоже соотношеніе между индексами, какъ у пирамидъ.

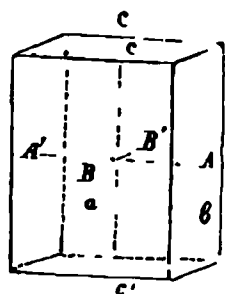
Для призмъ 1-го рода, болѣе острыхъ, по сравненію съ основною $\{011\}$, мы должны имѣть, въ знакѣ $\{0kl\}$, $k>l$, напр. $\{021\}$; для

призмъ 1-го рода болѣе тупыхъ, $k < l$, напр. $\{012\}$. Для призмъ 2-го рода, болѣе острыхъ по сравненію съ основною $\{101\}$, мы должны имѣть, въ знакѣ $\{h0l\}$, $h > l$, напр $\{201\}$; для призмъ 2-го рода болѣе тупыхъ должны имѣть $h < l$, напр. $\{102\}$.

Призмы этихъ родовъ намъ будутъ встрѣчаться въ большомъ количествѣ, при описаніи комбинацій; мы остановимся на частныхъ случаяхъ перехода отъ обозначенія формъ и граней по одному способу къ обозначенію по другому способу, для уясненія смысла знаковъ Науманна и Миллера.

Очевидно, пинакоиды и призмы, горизонтальные и вертикальные, отдѣльно встрѣчаться не могутъ: прежде чѣмъ приступить къ разсмотрѣнію болѣе сложныхъ комбинацій, полезно остановиться на простыхъ, но своеобразныхъ, комбинаціяхъ, существованіе которыхъ обуславливается большимъ разнообразіемъ открытыхъ формъ въ ромбической системѣ.

Сюда относится комбинація трехъ пинакоидовъ: (фиг. 314) если $A - A'$ макро-ось, $B - B'$ брахи-ось, $C - C'$ вертикальная ось, то (a) макро-пинакоидъ, (b) брахи-пинакоидъ, (c) базо-пинакоидъ или $a \{100\}$, $b \{010\}$, $c \{001\}$.

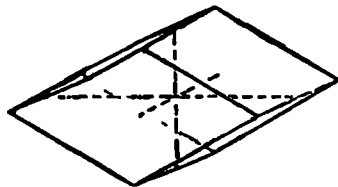


Фиг. 314.

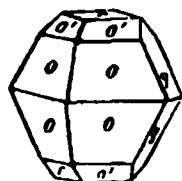


Фиг. 315.

На фиг. 315 комбинація призмы вертикальной и основнаго пинакоида



Фиг. 316.



Фиг. 317.

или $\{110\}$ и $\{001\}$.

На фиг. 316 комбинація брахи-домы и макро-пинакоида или $\{110\}$ и $\{100\}$.

Въ случаѣ сложныхъ комбинацій, необходимо выбрать въ комбинаціи основную форму и опредѣлить ея ось; тогда другія формы, вступающія въ комбинацію, будутъ подчинены формѣ, принятой нами за основную, положеніе ихъ опредѣляется параметрами граней на продолженіи осей основной формы, при чемъ единицею мѣры для каждаго направленія служитъ соотвѣтствующая полу-ось основной формы.

Фиг. 317. Здѣсь o мы принимаемъ за основную пирамиду $P \{111\}$, тогда o' пирамида основнаго ряда $\frac{1}{3} P \{113\}$, $c - o P \{001\}$, $q - P \infty \{101\}$, очевидно грани o , q и другая грань пирамиды o (по другую сторону чертежа) образуютъ комбинаціонныя ребра взаимно параллельныя; для o' мы имѣемъ $m P$, гдѣ $m = \frac{1}{3}$, или $\{hkl\}$, гдѣ $h = k = 1$, $l = 3$.

Фиг. 318. Комбинація вертикальної призми $(p) \propto P \{110\}$, брахи-домы (q) основной $P \propto \{011\}$, и болѣ тупой (q') брахидомы $\frac{1}{3} P \propto \{013\}$.

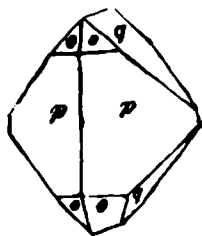
Фиг. 319. Комбинація основной пирамиды $o = P \{111\}$, вертикальной призмы основного ряда $p = \infty P \{110\}$, брахидомы $q = P \propto \{011\}$; брахи-дома q опредѣляется, какъ принадлежащая къ горизонтальному ряду основной пирамиды (см. стр. 164) по той-же причинѣ, какъ форма q на фиг. 317.

Фиг. 320. Комбинація пирамиды $o = P \{111\}$, вертикальной призмы $p = \infty P \{110\}$, брахи-домы $q = P \propto \{011\}$, брахи-пинаконда $b = \infty P \propto \{010\}$.

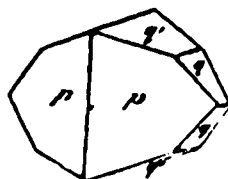
Фиг. 321. Комбинація вертикальной призмы $p = \infty P \{110\}$, основного пинаконда $c = o P \{001\}$, и макропирамиды $o = m P n \{hkl\}$.



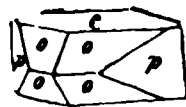
Фиг. 320.



Фиг. 319.



Фиг. 318.

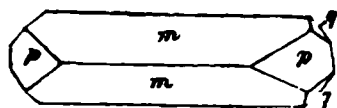


Фиг. 321.

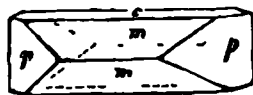
Фиг. 322. Комбинаціи вертикальной призмы $(p) = \infty P \{110\}$. макро-домы $(m) = m P \propto \{h0l\}$, брахи-домы $(q) = m P \propto \{0kl\}$; здѣсь, если коэффициентъ у $(m) = m P \propto$ принять $= 1$, то имѣемъ $(m) = P \propto \{101\}$, когда m въ выраженіи $m P \propto$ болѣе единицы, если напр. имѣемъ $2P \propto$, то въ выраженіи $\{0kl\}$ имѣемъ $\{021\}$.

Фиг. 323. Комбинація вертикальной призмы $(p) = \infty P \{110\}$. макро-домы $(m) = m P \propto \{h0l\}$, основного пинаконда $c = o P \{001\}$. Мы можемъ принять $(m) = P \propto \{101\}$.

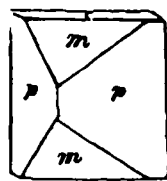
На фиг. 324 та же комбинація, что и на фиг. 323. но преобладаетъ макродома (m) .



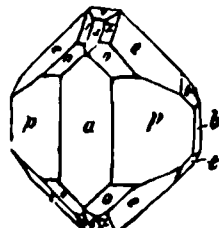
Фиг. 322.



Фиг. 324.



Фиг. 323.



Фиг. 325.

Фиг. 325 представляетъ хорошій примѣръ для вычисленія индексовъ граней изъ уравненія зонъ. Выберемъ (o) за грани основной пирамиды $P \{111\}$, (p) грани основной вертикальной призмы, такъ какъ $o:p:o$ образуютъ зону; опредѣляя гониометромъ (см. ниже) положеніе грани a , мы видимъ, что она принадлежитъ вертикальному ряду основ-

ной пирамиды и находится въ зонѣ съ o и p , но вычисленію, на основаніи величины двугранныхъ угловъ, оказывается, что эта грань s принадлежитъ пирамидѣ основнаго ряда $\frac{1}{2} P \{112\}$. Такимъ образомъ, мы знаемъ здѣсь положеніе слѣдующихъ формъ:

$(o) = P \{111\}$, $(p) = \infty P \{110\}$, $(s) = \frac{1}{2} P \{112\}$, $(a) = \infty P \bar{\infty} \{100\}$; пользуясь этими данными, мы опредѣлимъ положеніе другихъ формъ, входящихъ въ ту-же комбинацію.

1) Грань x соотвѣтствуетъ макро-домѣ $m P \bar{\infty} \{h 0 l\}$, для опредѣленія параметра m , или-же относительныхъ значеній индексовъ h и l , мы воспользуемся положеніемъ грани x въ одной зонѣ съ гранями одной и той-же пирамиды s и z , расположенными вправо и влево; положеніе правой верхней грани s опредѣляется выраженіемъ $(\overset{x}{1} \overset{y}{1} \overset{z}{2})$, положеніе лѣвой грани $(\bar{1} \bar{1} 2)$; мы составимъ изъ символовъ трехъ граней s (112) , x $(h 0 l)$, z $(\bar{1} \bar{1} 2)$ расположенныхъ въ одной зонѣ, слѣдующее выраженіе:

$$\frac{\begin{array}{ccc|c} 1 & 1 & 2 & 1 \\ \hline 1 & 1 & 2 & 1 \end{array}}{(2-\bar{2}) (2-2) (\bar{1}-1)}$$

выраженія въ скобкахъ умножаемъ на индексы грани x $(h 0 l)$, складываемъ ихъ и приравняемъ нулю:

$$h(2-\bar{2}) + 0(2-2) + l(\bar{1}-1) = 0,$$

откуда

$$4h - 2l = 0 \text{ и } 4h = 2l$$

если принять $h = 1$, то для x $(h 0 l)$ примемъ индексы; $h = 1$, $k = 0$, $l = 2$; переходимъ къ параметрамъ:

$$\frac{a}{h} : \frac{b}{k} : \frac{c}{l} = \frac{1}{1} : \frac{1}{0} : \frac{1}{2};$$

слѣдовательно, параметры грани x выражаются $\overset{x}{1} : \overset{y}{\infty} : \overset{z}{\frac{1}{2}}$, то есть, x принадлежитъ макро-домѣ $\frac{1}{2} P \bar{\infty}$.

2) Грань e находится въ двухъ зонахъ, такъ какъ наблюдаются взаимно параллельныя комбинаціонныя ребра, *во-первыхъ*, между гранями e , s , x и, *во-вторыхъ*, между гранями e , o , a ; мы составимъ уравненія обѣихъ зонъ и опредѣлимъ положеніе грани e $(h k l)$, расположенной въ правомъ верхнемъ октантѣ.

Уравненіе *первой* зоны составляется изъ символовъ трехъ граней e (hkl), z (112), x (102):

$$\begin{array}{r|rrrr|r} 1 & 0 & 2 & 1 & 0 & 2 \\ & \times & \times & \times & & \\ 1 & 1 & 2 & 1 & 1 & 2 \\ \hline (0-2) & (2-2) & (1-0) & & & \end{array}$$

$$h(0-2) + k(2-2) + l(1-0) = 0,$$

откуда

$$-2h + l = 0 \text{ и } l = 2h.$$

Уравненіе *второй* зоны составляется изъ символовъ граней e (hkl), o (111), a (100):

$$\begin{array}{r|rrrr|r} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline (0-0) & (0-1) & (1-0) & & & \end{array}$$

$$h(0-0) + k(0-1) + l(1-0) = 0,$$

откуда

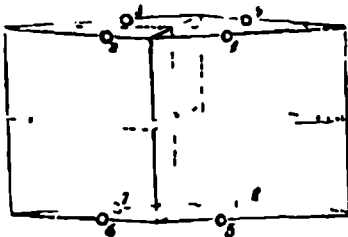
$$-k + l = 0 \text{ и } l = k.$$

Такимъ образомъ для e (hkl) опредѣляется $(hkl) = (h, 2h, 2h)$; полагая $h = 1$, имѣемъ e (hkl) = e (122), переходя отъ индексовъ къ параметрамъ, имѣемъ $\frac{a}{1} : \frac{b}{2} : \frac{c}{2}$ такъ какъ a , b , и c принимаются за единицы мѣры для соотвѣствующихъ направлений, то $\frac{a}{1} : \frac{b}{2} : \frac{c}{2} = \frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$, отсюда $\frac{1}{2} : \frac{1}{1} : \frac{1}{2}$, то есть грань e принадлежитъ пирамидѣ mPn , гдѣ $m = 1$, $n = 2$, такъ какъ пирамида вытянута болѣе по оси XX нежели по оси YY , то знакъ этой пирамиды $P\check{2}$.

Положеніе грани y не можетъ быть вычислено такимъ образомъ: для опредѣленія ея положенія нужно измѣрить уголъ между y и x , тогда, принимая $x = \frac{1}{2} P \infty \{112\}$, $y = \frac{1}{4} P \infty \{114\}$.

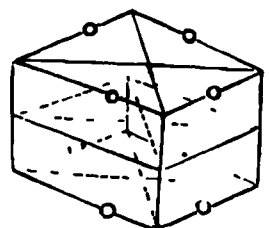
Геміэдрія ромбической системы.

Прежде мы рассмотримъ тотъ случай геміэдріи, который связанъ



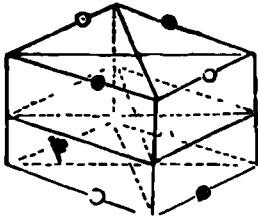
Фиг. 326 а.

съ исчезаніемъ поперемѣнно расположенныхъ остатковъ. На фиг. 326 а и 326 б изображены формы, соотвѣствующія симметрии полногранныхъ формъ ромбической системы; на фиг. 327 а

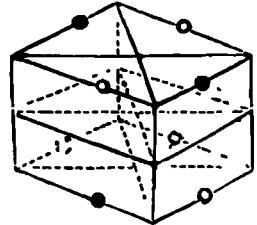


Фиг. 326 б.

показано исчезаніе попеременно расположенныхъ октантовъ 2, 4, 5, 7, начиная съ лѣваго верхняго, на фиг. 327 в показано исчезаніе октантовъ, начиная съ праваго верхняго: 1, 3, 6, 8.



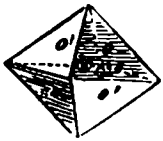
Фиг. 327 а.



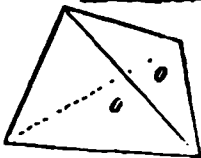
Фиг. 327 в.

Въ формахъ этихъ отсутствуетъ центръ симметріи, такъ какъ, соединяя одинъ изъ не уничтоженныхъ кружковъ съ центромъ призмы, прямою линіею, мы, при продолженіи этой прямой, находимъ кружокъ уничтоженный, или, наоборотъ, соединяя прямою линіею съ центромъ призмы кружокъ уничтоженный, при продолженіи этой прямой находимъ не уничтоженный кружокъ; отсутствуютъ всѣ плоскости симметріи, что видно при разсматриваніи чертежей. Остаются всѣ оси симметріи и порядокъ ихъ не измѣняется.

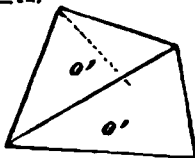
Изъ ромбической пирамиды mP (фиг. 328), по этому способу геміэдріи, получаются два сфеноида, правый $\frac{mP}{2}$ и лѣвый $\frac{mP}{2}$ (фиг. 329 а и в). Сфеноиды эти энантиоморфны.



Фиг. 328.



Фиг. 329 а.



Фиг. 329 в.

Ромбическіе сфеноиды ограничены четырьмя неравносторонними треугольниками, кристаллографическія оси совмѣщаются съ

осями симметріи, которыя соединяютъ середины трехъ паръ реберъ сфеноида; одна пара реберъ располагается горизонтально, но ребра эти не параллельны другъ другу, другія ребра (двѣ пары) расположены зигзагомъ.

Геміэдрія эта называется сфеноидическою. Ромбическая пирамида, подвергаясь сфеноидической геміэдріи, распадается на два сфеноида, другія формы ромбической системы въ этой геміэдріи не измѣняютъ своего наружнаго вида.

Ромбическіе сфеноиды сходны съ квадратными сфеноидами и съ тетраэдрами, но существенно отъ нихъ отличаются своимъ энантиоморфизмомъ.

Въ этомъ отношеніи ихъ можно сравнивать съ плагіэдрическими формами—трапецоэдрами и гироэдрами. Символь сфеноидической геміэдріи ромбической системы выражается:

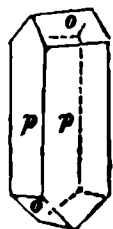
$$0C, \underline{L^2}, \underline{L^2_{11}}, 0P, 0P', 0P''.$$

Символь этотъ сходенъ съ символами плагіэдрическихъ геміэдрій всѣхъ системъ въ томъ отношеніи, что, подобно этимъ послѣднимъ, выражаетъ геміэдрію цѣльноосную.

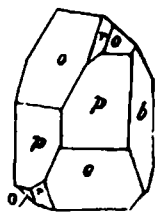
При разборѣ комбинаціонныхъ формъ, принадлежащихъ къ сфеноидической геміэдріи, прежде всего опредѣляютъ направленіе осей симметріи; мысленно проводя чрезъ эти оси плоскости симметріи многогранныхъ формъ, мы, по положенію граней относительно этихъ плоскостей, опредѣляемъ, какія грани въ комбинаціи относятся къ правымъ сфеноидамъ, и какія относятся къ лѣвымъ сфеноидамъ: существованіе пирамидальныхъ граней въ *правомъ верхнемъ* октантѣ опредѣляетъ правые сфеноиды, существованіе пирамидальныхъ граней въ *лѣвомъ верхнемъ* октантѣ опредѣляетъ лѣвые сфеноиды. Кромѣ того, сфеноиды различаются между собою, какъ пирамиды основнаго ряда, макро- и брахи-пирамиды.

Фиг. 330 представляетъ комбинацію сфеноида $(o) = \text{пр. } \frac{P}{2} \{111\}$ и вертикальной призмы $(p) = \infty P \{110\}$ основнаго ряда.

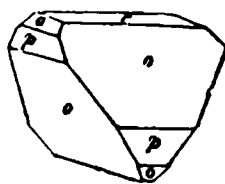
Фиг. 331 представляетъ комбинацію лѣваго сфеноида $(o) = \text{лѣв. } \frac{P}{2} \{\bar{1}\bar{1}1\}$ (онъ преобладаетъ), праваго сфеноида $(o') = \text{пр. } \frac{P}{2} \{111\}$, вертикальной призмы основнаго ряда $(p) = \infty P$; макродомомъ $(r) = P \infty \{101\}$, брахипинакоида $(b) = \infty P \infty \{010\}$.



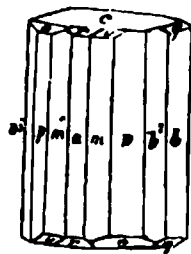
Фиг. 330.



Фиг. 331.



Фиг. 332.



Фиг. 333.

Фиг. 332 представляетъ комбинацію сфеноида праваго $(o) = \text{пр. } \frac{P}{2} \{111\}$, (онъ преобладаетъ), сфеноида лѣваго $(o') = \frac{P}{2} \{\bar{1}\bar{1}1\}$, основной вертикальной призмы $(p) = \infty P \{110\}$, основнаго пинакоида $(c) = 0 P \{001\}$.

Фиг. 333 представляетъ комбинацію основнаго пинакоида $(c) = 0 P \{001\}$ брахипинакоида $(b) = \infty P \infty \{010\}$, макропинакоида $(a) = \infty P \infty \{100\}$, кромѣ того: (o) грани пирамиды основнаго ряда, такъ какъ онѣ расположены въ зонѣ съ основнымъ пинакоидомъ и основною призмой,—онѣ образуютъ *лѣвый* сфеноидъ лѣв. $\frac{P}{2} \{\bar{1}\bar{1}1\}$; (m^2) макропризма $\infty P \bar{2} \{210\}$, соотвѣтственно этому, (v) макропирамида $2 P 2 \{211\}$; (b^2) брахи-призма $\infty P \bar{2} \{120\}$, (q) брахидома $P \infty \{011\}$, (r) макродома $P \infty \{101\}$.

Мы перейдемъ теперь къ геміэдріи гемиморфной. Для объясненія этой геміэдріи проще всего взять фиг. 326 b и представить уничтоже-

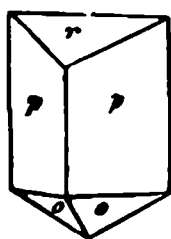
не нижней половины или же верхней половины этой фигуры; обращая внимание на расположеніе кружковъ. соответствующее расположенію граней ромбической пирамиды, мы видимъ, что, по условіямъ гемиморфной геміэдри, пирамида эта распадается на двѣ части, верхнюю пирамиду, верх. $m P n \{h k l\}$ и нижнюю. ниж. $m P n \{h k l\}$, точно также получаются верхняя макродома, верх. $m P \infty \{h k l\}$ и нижняя, ниж. $m P \infty \{h k l\}$, верхняя брахидома, верх. $m P \infty \{0 k l\}$ и нижняя, ниж. $m P \infty \{0 k l\}$, верхній базопинакоидъ, верх. $0 P \{001\}$ и нижній, ниж. $0 P \{001\}$ —все это формы совмѣстимыя; остальные формы ромбической системы при этомъ не измѣняются. Разсматривая фиг. 326b, при условіяхъ исчезанія верхней или нижней ея половины, мы видимъ, что центръ симметріи, горизонтальная плоскость симметріи и горизонтально расположенныя оси симметріи отсутствуютъ, существуютъ вертикальныя плоскости симметріи и вертикальная ось симметріи, слѣдовательно, символъ гемиморфной геміэдри ромбической системы выражается:

$$0C, L^2, 0L^2, 0L^2, 0P, P', P'.$$

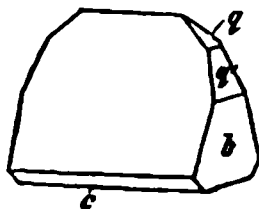
Для опредѣленія положенія граней въ гемиморфныхъ формахъ проводятъ кристаллографическія оси по тѣмъ же направленіямъ, какъ и въ полногранныхъ формахъ ромбической системы.

Простѣйшими примѣрами комбинацій гемиморфныхъ формъ могутъ служить слѣдующіе кристаллы:

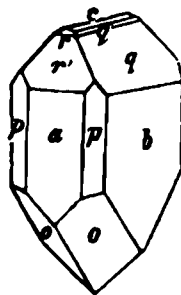
Фиг. 334 представляетъ комбинацію (p) призмы $\infty P \{110\}$, верхней макродомы $P \infty \{101\}$ и нижней пирамиды $o = P \{11\bar{1}\}$.



Фиг. 334.



Фиг. 335.



Фиг. 336.

Фиг. 335 представляетъ на верхнемъ концѣ широко развитую макродому $P \infty \{101\}$, двѣ брахидомы $q = P \infty \{011\}$ и $q' = 4 P \infty \{041\}$ и брахипинакоидъ $b = \infty P \infty \{010\}$; на

нижнемъ концѣ кристалла базопинакоидъ, $c =$ ниж. $0 P \{001\}$ и макродома $\frac{1}{3} P \infty \{103\}$.

Болѣе сложная комбинація, на фиг. 336, представляетъ на верхнемъ концѣ основной пинакоидъ $c =$ верх. $0 P \{001\}$, двѣ брахидомы $q = P \infty \{011\}$ и $q' = 3 P \infty \{031\}$, основную вертикальную призму (p) $= \infty P \{101\}$, брахипинакоидъ (b) $= \infty P \infty \{010\}$, макропинакоидъ (a) $= \infty P \infty \{100\}$; на нижнемъ концѣ развита острѣйшая брахипирамида (o) $= 2 P \{121\}$.

Таблица формъ ромбической системы.

I

Голоэдрія.	Геміэдрія сфеноидическая.	Геміэдрія гемиморфная.	Классъ ромбической эпирамиды.	Классъ ромбического бисфеноида.	Классъ ромбической пирамиды.
Макропинакондъ ∞P_{∞}	—	—	Пинакондъ первый $\{100\}$	Пинакондъ первый $\{100\}$	Пинакондъ первый $\{100\}$
Брахипинакондъ ∞P_{∞}	—	—	Пинакондъ второй $\{010\}$	Пинакондъ второй $\{010\}$	Пинакондъ второй $\{010\}$
Вазопинакондъ $0 P$	—	Вазопинакондъ верх. и нижн.	Пинакондъ третій $\{001\}$	Пинакондъ третій $\{001\}$	Пелонъ (третій) $\{001\}$ и $\{00\bar{1}\}$
Брахидома $m P_{\infty}$	—	Брахидома верх. и нижн.	Призма 1-го рода $\{0kl\}$	Призма 1-го рода $\{0kl\}$	Дома 1-го рода $\{0kl\}$ и $\{0k\bar{l}\}$
Макродома $m P_{\infty}$	—	Макродома верх. и нижн.	Призма 2-го рода $\{h0l\}$	Призма 2-го рода $\{h0l\}$	Дома 2-го рода $\{h0l\}$ и $\{h0\bar{l}\}$
Вертикальная призма ∞P_n	—	—	Призма 3-го рода $\{hko\}$	Призма 2-го рода $\{hko\}$	Призма 3-го рода $\{hko\}$
Пирамида $m P_n$	Ромбическій сфеноидъ прав. и лѣв.	Гемиморфная пирамида верх. и нижн.	Випирамида $\{hkl\}$	Бисфеноидъ $\{hkl\}$ и $\{h\bar{k}l\}$	Пирамида $\{hkl\}$ и $\{h\bar{k}l\}$

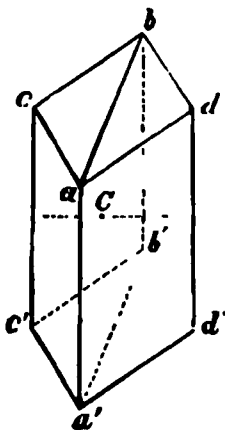
Основной пинакоидъ встрѣчается здѣсь въ видѣ отдѣльныхъ плоскостей верхней и нижней—его называютъ здѣсь также *pedion* (то *πεδίον*—плоскость).

Очевидно, въ таблицѣ II названіе *дома* относится къ призмамъ горизонтальнымъ съ половиннымъ числомъ граней.

СИСТЕМА МОНОСИММЕТРИЧЕСКАЯ.

Къ системѣ моносимметрической относятся формы, обладающія одною плоскостью симметріи, — перпендикулярно этой плоскости расположена одна ось симметріи 2-го порядка, въ точкѣ пересѣченія плоскости симметріи съ осью симметріи находится центр симметріи (фиг. 337).

Система эта называется также одноклиномѣрною и клиноромбическою.



Фиг. 337.

Для опредѣленія положенія граней, въ формахъ моносимметрической системы проводятъ кристаллографическія оси такимъ образомъ, чтобъ одна изъ нихъ совпадала съ осью симметріи, а двѣ другія, проходя черезъ центр, располагались въ плоскости симметріи параллельно гранямъ, существующимъ въ данной формѣ или кристаллографически возможнымъ. Разсматривая форму моносимметрической системы, мы опредѣляемъ въ ней одну плоскость симметріи, одну ось симметріи 2-го порядка и центръ симметріи — очевидно, всѣ эти элементы симметріи имѣютъ опредѣленное положеніе.

Одна кристаллографическая ось совмѣщается съ осью симметріи, но положеніе другихъ двухъ кристаллографическихъ осей ограничивается лишь единственнымъ условіемъ: обѣ онѣ находятся въ плоскости симметріи, слѣдовательно, обѣ перпендикулярны оси симметріи равно и совпадающей съ нею кристаллографической оси, а между собою образуютъ уголъ $\geq 90^\circ$, по условіямъ расположенія граней моносимметрической системы. На практикѣ оси проводятъ параллельно ребрамъ, образованнымъ гранями кристалла, напр., пинакоидами, или-же соединяютъ середины одинаково расположенныхъ реберъ, напр., въ комбинаціяхъ призмъ,—или соединяютъ вершины одинаково расположенныхъ относительно центра симметріи четырехъгранныхъ угловъ въ пирамидальныхъ формахъ и проч.

Общій символъ системы выражается слѣдующимъ образомъ:

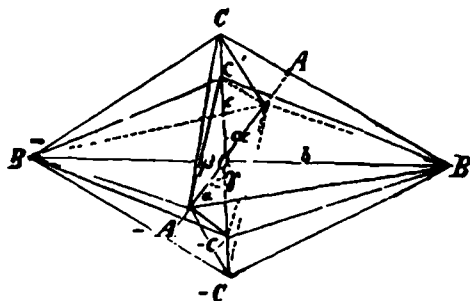
$$\underline{C, L^2, P}$$

центръ симметріи, ось симметріи 2-го порядка, плоскость симметріи.

Кристаллографическая ось, совпадающая съ осью симметріи, называется орто-осью (*орѳѳѳ*—прямой), такъ какъ она перпендикулярна плоскости симметріи, слѣдовательно, образуетъ прямые углы съ каждою

изъ двухъ другихъ кристаллографическихъ осей—эти двѣ оси, расположенныя въ плоскости симметріи, какъ замѣчено, образуютъ между собою углы $\geq 90^\circ$. При изученіи формъ этой системы, одну изъ осей, расположенныхъ въ плоскости симметріи, ставятъ вертикально и называютъ осью вертикальною, орто-ось ставятъ параллельно наблюдателю, тогда другая ось, расположенная въ плоскости симметріи, направляется къ наблюдателю, она называется клино-осью. Мы располагаемъ кристаллы такъ, чтобъ къ наблюдателю былъ обращенъ тупой уголъ, а острый, дополняющій этотъ тупой уголъ до 180° , обращенъ въ противоположную сторону. Съ клино-осью и соответствующими ей углами связаны названія системы: одноклиномѣрная, моноклиноэдрическая.

Въ кристаллѣ (фиг. 338) $A - A$, $B - B$, $C - C$, плоскость симметріи $AC - A - C$ направлена къ наблюдателю, линія $BO - B$ орто-ось, $CO - C$ вертикальная ось, $AO - A$ клино-ось; мы знаемъ, что $COB = AOB = 90^\circ$; форма поставлена такъ, что уголъ COA , направленный къ наблюдателю, болѣе 90° , по другую сторону расположенъ уголъ $180^\circ - COA < 90^\circ$.



Фиг. 338.

Обозначая клино-ось буквою a , орто-ось буквою b , вертикальную ось буквою c , а углы, имѣя противоположащія, буквами, α, β, γ , мы имѣемъ для кристаллографическихъ осей моносимметрической системы и угловъ между ними слѣдующее соотношеніе.

$$a : b : c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \geq 90^\circ.$$

Одну изъ осей, обыкновенно ось b , выбираютъ за единицу мѣры, величина другихъ осей, a и c , выражается тогда въ числахъ большихъ или меньшихъ единицы, — напр., у гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) величина кристаллографическихъ элементовъ выражается слѣдующимъ образомъ:

$$a : b : c = 0.6891 : 1 : 0.4156, \beta = 98^\circ 52';$$

$$\text{у буры } (\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}), a : b : c = 1.0997 : 1 : 0.5394, \beta = 106^\circ 35'$$

По нашей постановкѣ кристалла, къ наблюдателю направлены тупые углы β ; сущность дѣла не измѣнится, если къ наблюдателю повернутъ острый уголъ, образованный клино-осью съ вертикальною осью, но, при обозначеніи формъ даннаго кристалла, нужно держаться однажды принятой постановки осей.

Въ системѣ моносимметрической, также какъ и въ ромбической, опредѣляются три оси a, b, c различной величины; но въ системѣ ромбической эти оси взаимно перпендикулярны, а здѣсь ось b перпендикулярна къ осямъ a и c , образующимъ между собою углы не равные

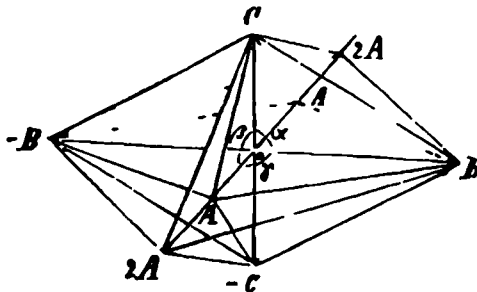
90°. Подобнымъ-же образомъ плоскость $AB - A - B$, заключающая оси a и b и называемая основнымъ сѣченіемъ моносимметрической системы, перпендикулярна къ плоскости симметріи $AC - A - C$, заключающей, очевидно, оси a , c и плоскость $BC - B - C$, называемая ортодіагональнымъ сѣченіемъ, также перпендикулярна плоскости симметріи, но ортодіагональное сѣченіе, пересѣкаясь съ основнымъ сѣченіемъ, образуетъ двугранные углы $\geq 90^\circ$. Плоскость симметріи называютъ также клинодіагональнымъ сѣченіемъ, по аналогіи съ перпендикулярнымъ къ ней сѣченіемъ ортодіагональнымъ, такъ какъ въ ней заключается клино-ось: вертикальная ось и орто-ось являются діагоналями ромба, расположеннаго въ ортодіагональномъ сѣченіи, вертикальная ось и клино-ось являются діагоналями ромбоида, расположеннаго въ плоскости симметріи; клино-ось и орто-ось діагонали ромба, расположеннаго въ основномъ сѣченіи.

Орто-ось и клино-ось часто называютъ орто-и клино-діагоналями. Отъ формъ ромбическихъ легко перейти къ формамъ мовосимметрическимъ, если, оставляя неизмѣненными оси b и c , наклонить ось a въ плоскости брахидіагональнаго сѣченія, тогда макро-ось ромбической системы b дѣлается орто-осью системы моносимметрической, брахи-ось ромбической системы a дѣлается клино-осью, вмѣсто ромбическихъ формъ основнаго (вертикальнаго) ряда, макро- и брахи-рядовъ, здѣсь опредѣляются формы: основнаго ряда, орто- и клино-рядовъ.

Обозначая въ символахъ Науманна орто-рядъ горизонтальною чертою (—), а клино-рядъ наклонною чертою (\), мы имѣемъ:

$$mP = a : b : mc,$$

пирамидальная форма основнаго ряда, — въ частномъ случаѣ $P = a : b : c$; $mPn = a : nb : mc$ пирамидальная форма орто-ряда, въ частномъ случаѣ $Pn = a : nb : c$; $mPn = na : b : mc$ пирамидальная форма клино-ряда.



Фиг. 339.

въ частномъ случаѣ $Pn = na : b : c$. На фиг. 339 представлено относительное положеніе пирамидальныхъ формъ основнаго (ABC) и клино-ряда ($2A, B, C$): P и P^2 . Очевидно, можно получать ряды пирамидальныхъ формъ болѣе и болѣе вытянутыхъ по вертикальной оси, по орто- и по клино-оси, аналогичные соответствующимъ рядамъ въ системѣ

ромбической.

Особенность пирамидальныхъ формъ моносимметрической системы заключается въ слѣдующемъ: представимъ нѣкоторую плоскость, пересѣкающую три оси моносимметрической системы на разстояніяхъ $a, b,$

c ; по условіямъ симметріи системы, при существованіи такой плоскости, должна существовать другая, ей аналогичная, пересѣкающая ось въ лѣвомъ верхнемъ октантѣ на разстояніяхъ $a : -b : c$; но, существованіе центра симметріи обуславливаетъ присутствіе двухъ плоскостей, параллельныхъ этимъ гранямъ, въ правомъ и лѣвомъ нижнихъ отрицательныхъ октантахъ — $a : b : -c$ и — $a : -b : -c$, такимъ образомъ получается форма, ограниченная четырьмя гранями пирамидальнаго типа, такъ какъ онѣ пересѣкаютъ всѣ три оси, она называется гемипирамидою, и всѣ пирамидальныя формы, моносимметрической системы, которыя мы разсматривали до сихъ поръ, представляютъ комбинаціи двухъ гемипирамидъ, обладающихъ одинаковыми параметрами по всѣмъ тремъ осямъ — гемипирамиду, грани которой расположены противъ тупаго угла β , мы будемъ называть положительною, — гемипирамиду, грани которой расположены противъ острого угла $180^\circ - \beta$, мы будемъ называть отрицательною: это, формы открытыя, онѣ встрѣчаются въ комбинаціяхъ между собою, также съ другими формами системы. Для обозначенія пирамидальныхъ формъ моносимметрической системы мы принимаемъ знакъ: $\pm m P n$, здѣсь, какъ и въ ромбической системѣ, коэффиціентъ m относится къ параметрамъ по вертикальной оси, n относится къ параметрамъ по клино-оси, $\bar{n}$ относится къ параметрамъ по орто-оси; $+$ и $-$ соотвѣтствуютъ положительнымъ и отрицательнымъ геми-формамъ.

Совершенно также, какъ въ ромбической системѣ, изъ общаго знака $\pm m P n$ выводятся обозначенія всѣхъ формъ моносимметрической системы:

$0P$	$0P$	$0P$	$0P$	$0P$
$mP \infty$	$\pm m P \bar{n}$	$\pm m P$	$\pm m P \bar{n}$	$\pm m P \infty$
$P \infty$	$\pm P \bar{n}$	$\pm P$	$\pm P \bar{n}$	$\pm P \infty$
$mP \infty$	$\pm m P \bar{n}$	$\pm m P$	$\pm m P \bar{n}$	$\pm m P \infty$
$\infty P \infty$	$\infty P \bar{n}$	∞P	$\infty P \bar{n}$	$\infty P \infty$

Эта таблица во всѣхъ отношеніяхъ сходна съ соотвѣтствующею таблицею въ ромбической системѣ; вмѣсто рядовъ основнаго, макро- и брахи-діагональнаго, здѣсь мы имѣемъ ряды: основной, орто- и клино-діагональные.

Въ частности, мы имѣемъ въ моносимметрической системѣ гемипирамиды положительныя и отрицательныя: а) основнаго ряда $\pm m P$, когда въ $\pm m P n$, $n = 1$; при $m = 1$, получается $\pm P$ знакъ двухъ основныхъ гемипирамидъ, положительной P и отрицательной — P ; когда

въ знакѣ $\pm m P$ значеніе коэффиціента m послѣдовательно увеличивается до $m = \infty$, получаются гемипирамиды основнаго ряда все болѣе и болѣе острыя (фиг. 338) и, какъ предѣлъ ихъ, основная призма со P , изъ обѣихъ гемипирамидъ $+ m P$ и $- m P$ получается одна призма; когда въ знакѣ $\pm m P$ значеніе m послѣдовательно уменьшается до $m = 0$, получаются пирамиды основнаго ряда болѣе и болѣе тупыя и, какъ предѣлъ ихъ, основной пинакоидъ $0 P$, б) гемипирамиды орторяда $\pm m P n$, при $m = 1$, $\pm P n$ гемипирамиды одного параметра по вертикальной оси съ основными гемипирамидами $\mp P$; когда $m = \infty$, получается орто-призма, призма болѣе вытянутая по орто-оси, нежели основная призма, такъ здѣсь n всегда болѣе единицы;

при $m > 1$ и $m < 1$ получаются острѣйшія и тупѣйшія гемипирамиды орторяда; при $m = 0$, получается основной пинакоидъ;

когда въ знакѣ $\pm m P n$ значеніе коэффиціента $m = 1$ или ≥ 1 , но не равно ∞ , то, при $n = \infty$, каждой гемипирамидѣ $+ m P n$ и $- m P n$ соотвѣтствуютъ геми-орто-домы. положительная и отрицательная, каждая форма состоитъ изъ двухъ граней параллельныхъ орто-оси, положительная геми-ортодома $+ m P \infty$ соотвѣтствуетъ положительной гемипирамидѣ, отрицательная $- m P \infty$ соотвѣтствуетъ отрицательной гемипирамидѣ; по мѣрѣ увеличиванія значеній коэффиціента m въ знакѣ $\mp m P \infty$, получаются геми-ортодомы, грани которыхъ пересекаютъ вертикальную ось на разстояніяхъ послѣдовательно большихъ отъ начала координатъ, и когда $m = \infty$, получается ортопинакоидъ $\infty P \infty$, форма, состоящая изъ пары граней, параллельныхъ ортодіагональному сѣченію системы;

когда въ знакѣ $\pm m P \infty$ полагаемъ $m = 0$, получается, очевидно, основной пинакоидъ;

с) такимъ же образомъ получаются формы клино-ряда: гемиклино-пирамиды $\pm m P n$, клино-призмы $\infty P n$, клино-домы $m P \infty$, клинопинакоидъ $\infty P \infty$,

клино-домъ соотвѣтствуютъ грани, пересекающія ось вертикальную и орто-ось и параллельныя клино-оси, очевидно, подчиняясь симметріи этой системы, такая грань повторяется четыре раза и клино-дома представляютъ призматическую форму, параллельную клино-оси, въ самомъ дѣлѣ, если допустить справа и вверху грань, параметры которой $\infty a : b : c$, то, при условіи существованія плоскости симметріи, должна быть вверху слѣва другая грань, параметры которой $\infty a : -b : c$, а существованію центра симметріи и оси 2-го порядка соотвѣтствуютъ двѣ грани, параллельныя этимъ гранямъ и расположенныя такимъ же образомъ внизу, параметры ихъ $\infty a : b : -c$, $\infty a : -b : -c$, этотъ простѣйшій случай соотвѣтствуетъ клино-домѣ $P \infty$, при $m = 1$.

Обозначеніе формъ моносимметрической системы при помощи индек-

ксонъ представляет полную аналогію съ обозначеніемъ формъ ромбической системы, такъ какъ здѣсь орто-ось и клино-ось по положенію соотвѣтствуютъ макро-оси и брахи-оси въ формахъ ромбической системы; грани положительныя и отрицательныя легко опредѣляются соотвѣтствующими знаками.

Общій знакъ пирамидальной формы $\{h\ k\ l\}$, основныя геми-пирамиды выражаются символами $\{111\}$ и $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, для гемипирамидъ основнаго ряда имѣемъ $\{h\ h\ l\}$, гдѣ формамъ болѣе острымъ, нежели основная гемипирамида, соотвѣтствуетъ $h > l$, напр. $\{221\}$, а для формъ болѣе тупыхъ $h < l$, напр. $\{114\}$; для геми-пирамидъ орто-ряда въ знакѣ $\{h\ k\ l\}$, $h > k$, напр. $\{413\}$; для клино-пирамидъ $h < k$, напр. $\{241\}$.

Основная призма выражается $\{110\}$, для орто-призмъ въ знакѣ $\{h\ k\ 0\}$ должно быть $h > k$, для клино-призмъ $h < k$, напр., $\{210\}$ и $\{340\}$.

Общій знакъ для геми-ортодомъ $\{h\ 0\ l\}$, въ частныхъ случаяхъ, $\{101\}$ соотвѣтствуетъ основной геми-ортодомъ; для граней, пересѣкающихъ вертикальную ось на разстояніяхъ > 1 , имѣемъ въ символѣ $\{h\ 0\ l\}$ $h > l$, напр. $\{501\}$; для граней, пересѣкающихъ вертикальную ось на разстояніяхъ < 1 , имѣемъ $h < l$, напр. $\{509\}$, тоже относится $\{0\ k\ l\}$ гранямъ клинодомъ, символъ которой въ общемъ видѣ $\{0\ k\ l\}$, здѣсь $k = l = 1$, $k > l$, $k < l$.

Основной пинакоидъ $\{001\}$, ортопинакоидъ $\{100\}$, клинопинакоидъ $\{010\}$.

Здѣсь, какъ и въ ромбической системѣ, мы различали три типа формъ: пирамиды, грани которыхъ пересѣкаютъ всѣ *три* оси, призмы (и домы), грани которыхъ пересѣкаютъ *два* оси и параллельны одной оси; пинакоиды, грани которыхъ пересѣкаютъ *одну* ось и параллельны двумъ осямъ. Мы познакоимся теперь съ обозначеніемъ формъ моносимметрической системы, основанномъ на слѣдующихъ соображеніяхъ: пара граней взаимно параллельныхъ, независимо отъ ихъ положенія относительно осей координатъ, составляетъ пинакоидъ; четыре одинаковыя грани, пересѣкающіяся въ ребрахъ взаимно параллельныхъ, составляютъ призму; такимъ образомъ опредѣляются:

- x y z
- $\{100\}$ первый пинакоидъ
 - $\{010\}$ второй пинакоидъ
 - $\{001\}$ третій пинакоидъ
 - $\{0\ k\ l\}$ призма 1-го рода
 - $\{h\ 0\ l\}$ пинакоидъ 2-го рода
 - $\{h\ k\ 0\}$ призма 3-го рода
 - $\{h\ k\ l\}$ призма 4-го рода.

По сравненію съ обозначеніемъ Науманна, мы видимъ, что пинакоидъ 2-го рода соотвѣтствуетъ двумъ гранямъ геми-ортодомы, а призма 4-го рода соотвѣтствуетъ четыремъ гранямъ геми-пирамиды. Очевидно, въ моносимметрической системѣ мы имѣемъ лишь открытыя формы, которыя существуютъ лишь во взаимныхъ комбинаціяхъ.

Комбинація полногранныхъ формъ.

При изученіи комбинаціи полногранныхъ формъ моносимметрической системы, прежде всего опредѣляютъ въ этой комбинаціи положеніе плоскости симметріи, затѣмъ проводятъ кристаллографическія оси. Орто-ось всегда перпендикулярна плоскости симметріи, такъ какъ она совмѣщается съ осью симметріи и проходитъ чрезъ центръ симметріи; другія двѣ кристаллографическія оси проходятъ чрезъ центръ симметріи и находятся въ плоскости симметріи, но положеніе ихъ въ этой плоскости не подчиняется опредѣленнымъ правиламъ.

Въ остальномъ здѣсь можно руководствоваться тѣми приемами, какими мы пользовались при разборѣ комбинацій ромбической системы, имѣя въ виду, что, кромѣ формъ основнаго ряда, здѣсь существуютъ клино-пирамиды, клино-домы, клино-пинакоидъ, аналогичные брахи-формамъ ромбической системы, — что орто-пирамиды, орто-домы и орто-пинакоидъ аналогичны макро-формамъ ромбической системы — съ тѣмъ отличіемъ, что здѣсь имѣются вообще геми-пирамидальныя формы и въ частности существуютъ геми-ортодомы. Въ ромбической системѣ макро-ось всегда больше брахи-оси, въ моносимметрической системѣ орто-ось можетъ быть и больше, и меньше клино-оси (сравни гипсъ и буру стр. 177).



Фиг. 340.

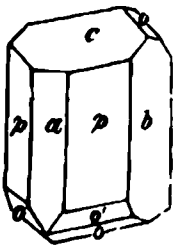
Гипсъ (фиг. 340). Комбинація основныхъ (p) призмы $\propto P \{110\}$ и (o) геми-пирамиды $+ P \{111\}$, (b) клино-пинакоидъ $\propto P \infty \{010\}$. При иномъ назначеніи направленія кристаллографическихъ осей, здѣсь могутъ быть опредѣлены иныя формы: безусловно положеніе плоскости симметріи въ кристаллѣ, слѣдовательно и орто-оси, которая къ ней перпендикулярна, также клинопинакоида, всегда перпендикулярна орто-оси, и потому параллельна плоскости симметріи; грани pp являются призматическими только потому, что мы провели вертикальную ось c параллельно ребру $p : p$; точно также, грани oo мы считаемъ пирамидальными потому, что клино-ось a направляемъ (не параллельно ребру $o : o$, если-же клино-ось проведена параллельно ребру $o : o$, то, въ силу опредѣленія пирамидальныхъ граней, какъ такихъ, которыя пересекаютъ всѣ три оси, намъ пришлось-бы разсматривать плоскости $o : o$, какъ грани клино-домы, потому, что онѣ, при этомъ положеніи осей, парал-

лельны клино-оси, пересѣкая орто-ось и вертикальную ось на разстояніяхъ конечныхъ.

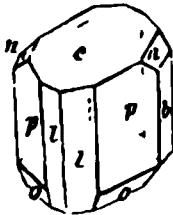
Можно повернуть кристаллъ около орто-оси такъ, чтобъ грани $o:o$ приняли положеніе вертикальной призмы, и грани $p:p$ приняли положеніе геми-пирамиды или-же клинодомы. Наконецъ, соединяя вершины четырехъгранныхъ угловъ, образованныхъ гранями $o:o$ и $p:p$, прямыми линіями и опредѣляя эти линіи, какъ оси, мы имѣли-бы двѣ гемипирамиды $o:o$ и $p:p$ въ комбинаціи съ клинопинакоидомъ b .

Бура (фиг. 341). Комбинація (p) вертикальной призмы $\infty P \{110\}$, (b) клинопинакоида $\infty P \infty \{010\}$, (a) орто-пинакоида $\infty P \infty \{100\}$, (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, (o) основной гемипирамиды $P \{1\bar{1}\bar{1}\}$ и (o') острѣйшей $2P \{2\bar{2}\bar{1}\}$. Здѣсь мы можемъ выбрать оси, напр., такимъ образомъ, повернувъ кристаллъ около орто-оси, чтобъ c было орто-пинакоидомъ, a — базо-пинакоидомъ, тогда p клино-дома и т. п.

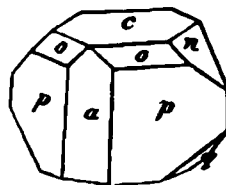
Фиг. 342. Комбинація (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, (b) клино-пинакоида $\infty P \infty \{010\}$, (p) вертикальной призмы основной $\infty P \{110\}$, (l) вертикальной призмы орто-ряда $\infty P2 \{21\bar{0}\}$, (o) гемипирамиды — $P \{1\bar{1}\bar{1}\}$, (n) клино-домы $mF \infty \{0hl\}$.



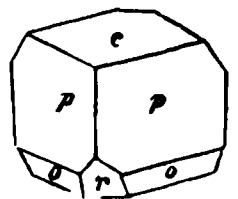
Фиг. 341.



Фиг. 342.



Фиг. 343

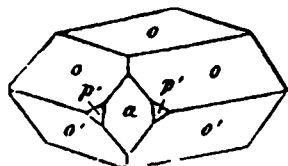


Фиг. 344.

Фиг. 343. Комбинація (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, вертикальной призмы $\infty P \{110\}$. (n) клино-домы $P \infty \{011\}$, (o) гемипирамиды $+ P \{111\}$, (a) орто-пинакоида $\infty P \infty \{100\}$.

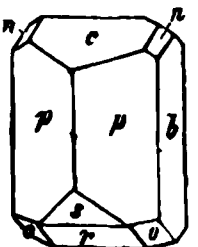
Фиг. 344. Комбинація (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, (p) вертикальной призмы $\infty P \{110\}$, (o) гемипирамиды — $P \{1\bar{1}\bar{1}\}$, (r) геми-ортодомы $P \infty \{101\}$.

Фиг. 345. Комбинація (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, (o) и (o') основныхъ гемипирамидъ $+ P \{111\}$ и $- P \{1\bar{1}\bar{1}\}$, (a) орто-пинакоида $\infty P \infty \{100\}$, (p') орто-призмы $\infty P2 \{210\}$.



Фиг. 345.

Фиг. 346. Комбинація (c) основного пинакоида $0P \{001\}$, (p) призмы $\infty P \{110\}$, (b) клино-пинакоида $\infty P \infty \{010\}$, (n) клинодомы $\frac{1}{2}$



Фиг. 346.

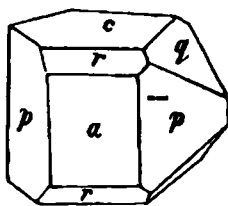
$P \infty \{012\}$, основныхъ (o) геми-пирамиды — $P \{111\}$ и (r) геми-ортодомы — $P \{101\}$, (s) острѣйшей геми-орто-домы $2P \infty \{02\bar{1}\}$.

Геміэдрія моносимметрической системы.

Прежде мы рассмотрим тотъ случай геміэдріи, который обусловливается исчезаніемъ граней, расположенныхъ по одну сторону плоскости симметріи и развитіемъ граней, расположенныхъ по другую сторону ея; такъ какъ это явленіе можетъ быть приурочено къ оси симметріи системы, при чемъ грани, сходящіяся у одного конца этой оси, уничтожаются, то геміэдрія эта называется гемиморфною или гемиморфизмомъ моносимметрической системы. При этомъ геми-пирамиды, призмы, клино-домы и клинопинакоидъ распадаются на формы правыхъ и лѣвыхъ; основной пинакоидъ, орто-домы и орто-пинакоидъ наружнаго вида не измѣняются.

Разсмотримъ нѣкоторые примѣры.

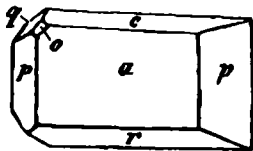
Винная кислота (фиг. 347). Здѣсь наблюдаются съ правой



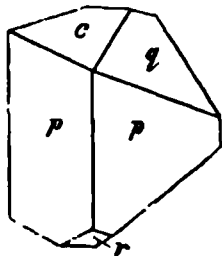
Фиг. 347.

стороны (p) грани призмы (110) и $(\bar{1}\bar{1}0)$ (по другую сторону чертежа). (q) грани клинодомы (011) и $0\bar{1}\bar{1}$, съ лѣвой стороны грани призмы $(\bar{1}\bar{1}0)$ и (110) (по другую сторону чертежа); кромѣ того (c) основной пинакоидъ $0P\{001\}$, (a) орто-пинакоидъ $\infty P\infty\{100\}$, (r) и (r') геми-ортодомы $+P\infty\{101\}$ и $-P\infty\{10\bar{1}\}$.

Тростниковый сахаръ (фиг. 348). Здѣсь наблюдаются съ правой стороны (p) грани призмы (110) и $(\bar{1}\bar{1}0)$ (по другую сторону чертежа), съ лѣвой стороны (p) грани призмы $(\bar{1}\bar{1}0)$ и (110) (по другую сторону чертежа), (o) пирамидальныя грани $(\bar{1}\bar{1}1)$ и $(11\bar{1})$ (по другую сторону чертежа), (q) грани клинодомы (011) и $0\bar{1}\bar{1}$; кромѣ того (c) основной пинакоидъ, (r) геми-макродома отрицательная $(\bar{1}01)$, (a) ортопинакоидъ.



Фиг. 348.



Фиг. 349.

Фиг. 349. Комбинація (p) пра-

вой вертикальной призмы (110) и лѣвой $(\bar{1}\bar{1}0)$, (q) правой клинодомы (101) , (c) основнаго пинакоида (001) , (r) геми-ортодомы $(01\bar{1})$.

Симметрія гемиморфной геміэдріи характеризуется слѣдующимъ образомъ:

$$OC, L^2, OP$$

то есть, въ формахъ соотвѣтствующихъ этой геміэдріи, центръ и плоскость симметріи отсутствуютъ, существуетъ ось симметріи 2-го порядка. Очевидно, эту геміэдрію можно приурочивать и къ плоскости симметріи.

Для объясненія второй геміэдріи моносимметрической системы, представимъ въ гемипирамидѣ исчезаніе одной пары граней, сходящихся въ плоскости симметріи, если первый случай геміэдріи мы на-

зовемъ *гемиморфизмомъ*, то второй случай соответствуетъ *геміэдріи* собственно, *приурочиваемой къ оси и центру симметріи*. При этомъ гемипирамидѣ соответствуютъ двѣ формы, передняя и задняя, состоящая изъ двухъ граней каждая; грани основной передней пирамидальной формы пересѣкаютъ клино-ось и вертикальную ось на разстояніяхъ $+a$ и $+c$; грани такой-же задней формы пересѣкаютъ эти оси на разстояніяхъ $-a$ и $-c$, третью ось грани и передней и задней формы пересѣкаютъ на разстояніяхъ $+b$ и $-b$.

Въ этой геміэдріи симметрія выражается слѣдующимъ образомъ:

$$0C, 0L, P$$

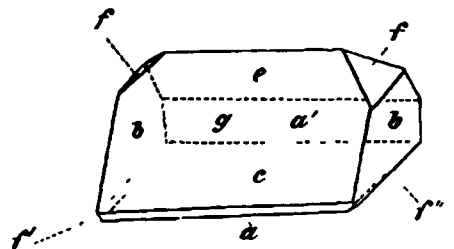
то есть, не существуютъ центръ и ось симметріи, *существуетъ лишь плоскость симметріи*; соотвѣтственно этому условію, мы имѣемъ:

— двѣ отдѣльныя грани базопинакоида, верхнюю и нижнюю,
двѣ отдѣльныя грани ортопинакоида, переднюю и заднюю,
двѣ отдѣльныя грани гемі-ортодомы, переднюю и заднюю,
двѣ отдѣльныя пары граней вертикальной призмы, переднюю и заднюю,

двѣ отдѣльныя пары граней клино-домы, верхнюю и нижнюю,
пару граней клинопинакоида, какъ въ полногранныхъ формахъ;
о граняхъ гемипирамиды мы уже говорили.

Примѣромъ формъ, соотвѣтствующихъ этой геміэдріи, можетъ служить слѣдующая комбинація (фиг. 350).

Здѣсь мы имѣемъ (а) ортопинакоидъ {100} передній, (b) клинопинакоидъ {010}, (c) базопинакоидъ {001} нижній, проведя кристаллографическія оси a' , b' , c' параллельно комбинаціоннымъ ребрамъ этихъ пинакоидовъ и принимая (f) за грани основной формы {011} верхней клино-домы, а (f') за грани такой же нижней формы {01 $\bar{1}$ }, мы опредѣляемъ положеніе граней (g)



Фиг. 350.

передней гемі-ортодомы (405), или, переходя къ параметрамъ, $\frac{1}{4} : \frac{1}{0} : \frac{1}{5}$, то есть $\frac{5}{4} : \infty : 1$, въ знакѣ $mP \infty$, $m = \frac{5}{4}$; (a') задній ортопинакоидъ ($\bar{1}00$).

Въ неполногранныхъ формахъ моносимметрической системы мы, какъ и въ другихъ случаяхъ, называемъ грань, пересѣкающую всѣ три оси, *пирамидальною*; грань, пересѣкающая двѣ оси и параллельная третьей оси — *призматическая* (параллельная оси c') или *доматическая* (параллельная a или b); грань, пересѣкающая одну ось и параллельная двумъ другимъ осямъ — *пинакоидъ*.

Таблица формь новосимметрической системы.

I.

II.

Голоэдри.	Гемиморфизмъ.	Гемиздри.	Классъ призмъ.	Классъ сфеноидъ.	Классъ домъ.
Ортопинакоидъ ∞P_{∞}	—	Ортопинакоидъ передній и задній.	Пинакоидъ первый { 100 }	Пинакоидъ первый { 100 }	Педіонъ первый перед. { 100 } задн. { $\bar{1}00$ }
Клинопинакоидъ ∞P_{∞}	Клинопинакоидъ прав. и лѣв.	—	Пинакоидъ второй { 010 }	Педіонъ прав. { 010 } лѣв. { $0\bar{1}0$ }	Пинакоидъ второй { 010 }
Базопинакоидъ $0P$	—	Базопинакоидъ верхній и нижній.	Пинакоидъ третій { 001 }	Пинакоидъ третій { 001 }	Педіонъ третій перед. { 001 } задн. { $00\bar{1}$ }
Клинодома mP_{cc}	Клинодома прав. и лѣв.	Клинодома верхняя и нижняя.	Призма 1-го рода { 0k1 }	Сфеноидъ 1-го рода прав. { 0k1 } лѣв. { $0k\bar{1}$ }	Дома 1-го рода перед. { 0k1 } задн. { 0k $\bar{1}$ }
Гемнортодома $\pm mP_{\infty}$	—	Гемнортодома передняя и задняя.	Пинакоидъ 2-го рода { h01 }	Пинакоидъ 2-го рода { h01 }	Педіонъ 2-го рода перед. { h01 } задн. { h0 $\bar{1}$ }
Вертикальная призма ∞P_n	Вертикальная призма прав. и лѣв.	Вертикальная призма передняя и задняя.	Призма 3-го рода { hko }	Сфеноидъ 3-го рода прав. { hko } лѣв. { h $\bar{k}0$ }	Дома 3-го рода перед. { hko } задн. { h $\bar{k}0$ }
Гемипирамида $\pm mP_n$	Гемипирамида прав. и лѣв.	Гемипирамида передняя и задняя.	Призма 4-го рода { hk1 }	Сфеноидъ 4-го рода прав. { hk1 } лѣв. { h $\bar{k}\bar{1}$ }	Дома 4-го рода перед. { hk1 } задн. { h $\bar{k}\bar{1}$ }

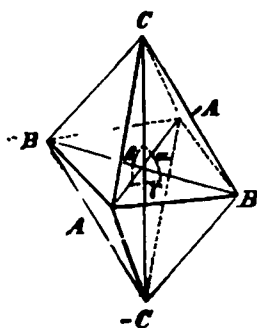
По другому способу номенклатуры, въ связи съ обозначеніями Миллера, *призмой* называется совокупность *четырёхъ* граней, *пересекающихся* въ *ребрахъ* *взаимно параллельныхъ*, независимо отъ положенія этихъ граней относительно осей, какъ мы уже имѣли случай говорить; *пинакоидъ* составляютъ *три* граней *взаимно параллельныхъ*; *псёдионъ*—*отдельная* грань; *дѣла*—пара граней, пересекающихся взаимно въ плоскости симметріи; *сфеноидъ* состоитъ изъ двухъ граней, пересекающихся подъ косымъ угломъ въ ребрѣ, параллельномъ плоскости (010), и одинаково наклоненныхъ къ оси *b*, перпендикулярной этому ребру (См. таб. II стр. 186).

СИСТЕМА АСИММЕТРИЧЕСКАЯ.

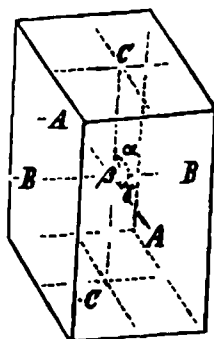
Къ асимметрической или триклиномѣрной системѣ относятся кристаллографическія формы, не обладающія ни одною плоскостью симметріи, почему онѣ и называются *асимметрическими*; впрочемъ, полногранныя формы этой системы имѣютъ *центръ симметріи*, но *геміэдрическія формы* характеризуются полнымъ отсутствіемъ элементовъ симметріи (Сравн. стр. 12 и стр. 194).

Для опредѣленія положенія граней формъ асимметрической системы въ ихъ взаимной комбинаціи, мы проводимъ въ этихъ комбинаціяхъ *три* кристаллографическія оси, параллельныя какимъ-нибудь *ребрамъ* *существующимъ* или кристаллографически возможнымъ, не лежащимъ въ одной плоскости; *мѣсто* взаимнаго пересѣченія кристаллографическихъ осей въ полногранныхъ формахъ *совпадаетъ* съ *центромъ* симметріи, оси проводятъ или *чрезъ* вершины угловъ, или *чрезъ* *средины* реберъ, или *чрезъ* *средины* граней.

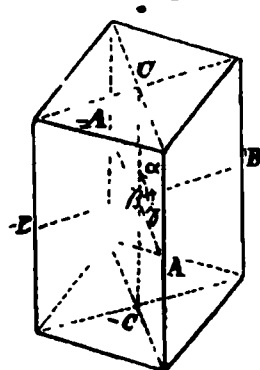
На фиг. 351 кристаллографическія оси проведены *чрезъ* вершины



Фиг. 351.



Фиг. 352.

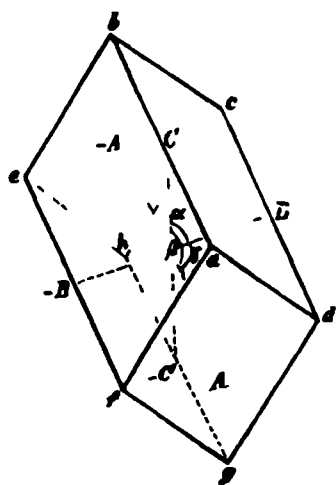


Фиг. 353.

угловъ; на фиг. 352 оси проведены *чрезъ* *средины* граней, параллельно ихъ комбинаціоннымъ ребрамъ; на фиг. 353 ось *C — C* проведена *чрезъ* *средины* граней, другія оси (*A — A*) и *B — B*) *чрезъ* *средины* реберъ; на фиг. 354 ось *A — A* проведена *чрезъ* *средины* граней, оси *B — B*

и $C-C$ проведены чрезъ середины реберъ. Въ виду полной асимметричности формъ, оси пересѣкаются подъ углами $\leq 90^\circ$. онѣ не равны между собою, и, для характеристики асимметрической системы, можно пользоваться слѣдующими элементами:

три оси $a:b:c$, не равныя между собою; три угла взаимнаго пересѣченія этихъ осей α, β, γ всѣ $\geq 90^\circ$.



Фиг. 354.

Три оси въ формахъ триклиномѣрной системы, какъ и въ ромбической системѣ, называются: вертикальною осью, макро-осью, брахи-осью. Разсматривая формы, изображенныя на фигурахъ 351, 352, 353, 354, мы видимъ, что ось $C-C$ направлена вертикально, мы обозначимъ ее буквою c и называемъ вертикальною осью; ось $B-B$ направлена параллельно наблюдателю, мы обозначимъ ее буквою b и называемъ макро-осью; ось $A-A$ направлена къ наблюдателю, мы обозначимъ ее буквою a и называемъ брахи-осью. Принимая величину оси b за единицу мѣры и мы имѣемъ у альбита ($\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$)

$a:b:c = 0.6341:1:0.5574$; $\alpha = 94^\circ 5'$,
 $\beta = 116^\circ 27'$, $\gamma = 88^\circ 7'$; у мѣднаго купороса

($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$).

$a:b:c = 0.5656:1:0.5499$; $\alpha = 97^\circ 39'$, $\beta = 106^\circ 49'$, $\gamma = 77^\circ 37'$;
у кіанита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$).

$a:b:c = 0.899:1:0.697$; $\alpha = 90^\circ 23'$, $\beta = 100^\circ 18'$, $\gamma = 106^\circ 1'$.

Комбинаціи, принадлежащія этимъ формамъ, будутъ разобраны ниже. Во всѣхъ случаяхъ мы считаемъ $\beta > 90^\circ$, такой-же постановки мы будемъ держаться и далѣе: уголъ $\beta > 90^\circ$ направленъ къ наблюдателю, уголъ $(180^\circ - \beta)$, дополняющій предыдущій уголъ до 180° , направленъ отъ наблюдателя.

Мы различаемъ здѣсь, какъ и въ ромбической системѣ, формы рядовъ макро-, брахи- и вертикальнаго. Формы триклиномѣрной системы, вслѣдствіе ея асимметричности, отличаются слѣдующими особенностями: каждой пирамидальной формѣ соотвѣтствуютъ четыре тетартопирамиды, вступающія въ комбинаціи отдѣльно одна отъ другихъ; на фиг. 351, напр., мы различаемъ правую верхнюю тетартопирамиду, состоящую изъ грани ABC и ей параллельной — $A-B-C$, обѣ грани расположены противъ равныхъ трехгранныхъ угловъ, ребра которыхъ совпадаютъ съ выбранными нами осями; такимъ-же образомъ опредѣляется лѣвая верхняя тетартопирамида, состоящая изъ грани $A-BC$ и ей параллельной, расположенныхъ также противъ соотвѣтственно

равныхъ трехгранныхъ угловъ; очевидно, эта пара граней во всѣхъ отношеніяхъ отличается отъ предыдущей пары; здѣсь существуютъ, кромѣ того, *правая нижняя* тетарто-пирамида, образованная гранями $AB - C$ и $- A - BC$, затѣмъ, *лѣвая нижняя*, образованная гранями $A - B - C$ и $- ABC$.

Призматическія и доматическія формы распадаются здѣсь на геми-призмы и геми-домы. На фиг. 353 мы имѣемъ *правую* гемипризму, образованную двумя гранями, взаимно параллельными и противолежащими угламъ γ , — *лѣвую* гемипризму, образованную двумя гранями, взаимно параллельными и противолежащими угламъ $(180^\circ - \gamma)$. На фиг. 354 имѣемъ правую геми-брахи-дому, образованную двумя плоскостями взаимно параллельными, $abcd$ и $efgh$, расположенными противъ угловъ α , и лѣвую геми-брахи-дому, образованную плоскостями $abef$ и $dcgh$, расположенными противъ угловъ $(180^\circ - \alpha)$. Точно также опредѣляются двѣ геми-макро-домы, верхняя и нижняя, расположенныя, соответственно, противъ угловъ β и $180^\circ - \beta$.

По Науманну, пирамидальныя формы опредѣляются знакомъ m, P, n , значками справа и слѣва, сверху и снизу, соответственно тетартопирамидамъ: $m P n$ общій знакъ правыхъ верхнихъ тетарто-пирамидъ $m' P n$ знакъ лѣвыхъ верхнихъ тетартопирамидъ и т. д. Для призматическихъ граней вертикальныхъ употребляется знакъ ∞, P, n , приче́мъ $\infty P, n$ опредѣляетъ гемипризмы правыя, ∞, P, n — лѣвыя.

Для доматическихъ граней употребляется знакъ m, P, ∞ при чемъ

m, P, ∞	опредѣляютъ правую геми-брахи-дому,
$m' P, \infty$	лѣвую геми-брахи-дому,
$m, P, \overline{\infty}$	верхнюю геми-макро-дому,
m, P, ∞	нижнюю геми-макро-дому.

Пинакоиды въ триклиномѣрной системѣ обозначаются также, какъ въ ромбической (фиг. 352)

$0P$ — базо-пинакоидъ (C и $-C$), $\infty P, \infty$ — брахи-пинакоидъ (B и $-B$), $\infty P, \overline{\infty}$ — макро-пинакоидъ (A и $-A$).

Таблица, приведенная ниже, отличается отъ такой-же въ системѣ ромбической, значками, расположенными сверху и снизу, справа и слѣва, около буквы P .

$0P$	$0P$	$0P$	$0P$	$0P$
m, P, ∞	$m, P, \bar{n}$	$m, P, \cdot$	$m, P, \check{n}$	m, P, ∞
$\cdot P, \infty$	$\cdot P, \bar{n}$	$\cdot P, \cdot$	$\cdot P, \check{n}$	$\cdot P, \infty$
m, P, ∞	$\cdot m P, \bar{n}$	$m, P, \cdot$	$m, P, \check{n}$	m, P, ∞
$\infty \cdot P, \infty$	$\infty \cdot P, \bar{n}$	$\infty \cdot P, \cdot$	$\infty \cdot P, \check{n}$	$\infty \cdot P, \infty$

Средній столбецъ заключаетъ формы вертикальнаго (основнаго) ряда, нраво расположены формы брахи-ряда, влѣво—формы макро-ряда: знакъ $'P'$ выражаетъ совокупность четырехъ основныхъ тетарто-пирамидъ: для опредѣленія величины осей въ комбинаціи достаточно одной тетарто-пирамиды, принятой за основную, такъ какъ грани ея пересекаютъ оси координатъ на разстояніяхъ. принимаемыхъ нами за величину кристаллографическихъ осей $a : b : c$; увеличивая и уменьшая значенія m въ знакѣ $m'P'$, выражающемъ совокупность тетартопирамидъ основнаго ряда, мы имѣемъ тетарто-пирамиды то болѣе острыя, то болѣе тупыя,—при $m = 0$, грани тетарто-пирамиды образуютъ основной пинакоидъ,—при $m = \infty$, получаются двѣ грани параллельныя вертикальной оси, образующія геми-призму: напр., если $m'P'$ *правая верхняя* тетарто-пирамида, то $\infty P'$ *правая* геми-призма; если $m'P'$ *правая нижняя* тетарто-пирамида, то $\infty P'$ также *правая* геми-призма, такъ какъ при совмѣстномъ существованіи тетарто-пирамидъ правой верхней и правой нижней, $m'P'$ и $m'P_i$, грани ихъ пересекаются въ среднихъ ребрахъ AP и $—A—B$ (фиг. 351), подъ нѣкоторымъ угломъ. при $m = \infty$, этотъ уголъ равенъ 180° и пары граней, пересекающіяся въ этихъ ребрахъ, сливаются въ отдѣльныя призматическія плоскости соотвѣтствующія ∞P .

Въ третьемъ горизонтальномъ рядѣ знакъ $'P'$ $\checkmark$ выражаетъ тетарто-пирамиды брахи-ряда, увеличивая значенія n въ случаѣ $Pn\checkmark$, мы имѣемъ правыя верхнія тетарто-пирамиды болѣе и болѣе вытянутыя по брахи оси, при $n = \infty$ получается брахи-дома правая $'P'$ $\checkmark$, особенность ея выражается въ томъ отношеніи, что, если взять лѣвую нижнюю тетарто-пирамиду Pn и увеличивать значеніе n до $\checkmark$, получается та-же форма, потому что при совмѣстномъ существованіи правой верхней тетарто-пирамиды $P\checkmark$ и лѣвой нижней $P\checkmark$, грани ихъ пересекаются подъ нѣкоторыми углами въ ребрахъ BC и $—B—C$ (фиг. 351), —при $n = \infty$ эти углы равны 180° и двѣ смежныя грани сливаются въ одну, параллельную брахи-оси, что выражается и въ знакѣ $P'\checkmark$: онъ показываетъ, что брахи-дома можетъ быть получена изъ тетарто-пирамиды правой верхней $P'\checkmark$ и лѣвой нижней $P\checkmark$.

Аналогичнымъ путемъ получается изъ $'P'$ $\bar{n}$ знакъ геми-макро-домы, при чемъ $'P'$ $\bar{\infty}$ соотвѣтствуетъ верхней, $'P'$ $\bar{\infty}$ нижней геми-макро-домѣ.

По способу Миллера грани тетарто-пирамиды опредѣляются помощью симнола (hkl); соотвѣтственно положенію граней, индексы h , k l могутъ сопровождаться знакомъ (—), такимъ образомъ, символы граней *правой верхней* тетарто-пирамидъ (hkl) и ($\bar{h}\bar{k}\bar{l}$) символы *левой верхней* тетарто-пирамиды ($h\bar{k}l$) и ($\bar{h}k\bar{l}$), символы *правой нижней* те-

тарто-пирамиды ($h k \bar{l}$) и $\bar{h} \bar{k} l$) и т. д. Въ частномъ случаѣ, для основной тетарто-пирамиды, имѣемъ выраженіе $\{111\}$, какъ и въ другихъ системахъ для соотвѣствующихъ формъ. Давая частныя значенія индексамъ h, k, l , въ символѣ тетарто-пирамиды, мы имѣемъ для граней вертикальной призмы $\{h k 0\}$ вообще, и $\{110\}$ для формы основного ряда; $\{0 k l\}$ и $\{0 \bar{l} l\}$ для геми-брахи-домы; $\{h 0 l\}$ и $\{101\}$ для геми-макро-домы; $\{001\}$ для оазопинакоида, $\{100\}$ для макро-пинакоида $\{010\}$ для брахипинакоида.

Комбинаціи.

При разборѣ комбинацій асимметрической системы, мы руководствуемся положеніемъ нѣкоторыхъ формъ, существующихъ въ комбинаціи или кристаллографически возможныхъ. Такимъ образомъ, въ комбинаціи мы опредѣляемъ положеніе основного пинакоида, макро-пинакоида и брахи-пинакоида, которые должны пересѣкаться, непосредственно или по продолженіи, подъ углами $\geq 90^\circ$.

Проводя, затѣмъ, мысленно чрезъ центръ кристалла плоскости, параллельныя этимъ пинакоидамъ, мы опредѣляемъ въ мѣстахъ взаимнаго пересѣченія этихъ плоскостей три линіи, проходящія чрезъ центръ кристалла и принимаемыя за кристаллографическія оси: брахи-ось опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія плоскости параллельной базопинаконду съ плоскостью параллельной брахипинаконду, мы обозначаемъ ее буквою a; макро-ось опредѣляется, какъ мѣсто пересѣченія плоскости параллельной базопинаконду съ плоскостью параллельной макропинаконду, мы обозначаемъ ее буквою b и т. д.

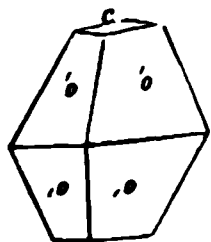
При опредѣленіи другихъ формъ, входящихъ въ комбинацію, мы рассматриваемъ грани вертикальныхъ геми-призмъ, какъ такія, которыя располагаются параллельно вертикальной оси, пересѣкая макро-ось и брахи-ось на разстояніяхъ конечныхъ, пропорціональныхъ величинъ этихъ осей у формы, принимаемой за основную. Плоскости геми-брахи-домъ расположены параллельно брахи-оси; плоскости геми-макро-домъ расположены параллельно макро-оси. Каждая грань, пересѣкающая, при этихъ условіяхъ всѣ три оси, рассматривается, какъ пирамидальная.

Плоскость, въ которой расположены макро-ось и брахи-ось, называется основнымъ сѣченіемъ кристалла; плоскость, въ которой расположены вертикальная ось и брахи-ось, называется брахи-диагональнымъ сѣченіемъ; плоскость, въ которой расположены вертикальная ось и макро-ось, называется макро-диагональнымъ сѣченіемъ. Эти плоскости опредѣляютъ положеніе октантовъ: праваго верхняго, лѣваго верхняго, праваго нижняго, лѣваго нижняго, переднихъ и заднихъ. Каждый пинакоидъ пересѣкаетъ одну ось, направляясь параллельно двумъ другимъ

осямъ, слѣдовательно, параллельно тому сѣченію, въ которомъ эти оси находятся. Комбинаціонное ребро основного пинакоида съ брахи-пинакоидомъ параллельно брахи-оси, комбинаціонное ребро основного пинакоида съ макро-пинакоидомъ параллельно макро-оси, комбинаціонное ребро макро-пинакоида съ брахи-пинакоидомъ параллельно вертикальной оси.

Для опредѣленія кристаллографическаго ряда данной плоскости мы пользуемся тѣми-же правилами, какъ въ ромбической системѣ, имѣя въ виду лишь особенности, вытекающія изъ свойствъ системы асимметрической: такъ какъ здѣсь пирамидальнымъ формамъ соответствуютъ тетарто-пирамиды, призматическимъ соответствуютъ гемипризмы и т. д.; все это формы, состоящія каждая изъ двухъ граней взаимно параллельныхъ и образующихъ одинаковые параметры на осяхъ координатъ, проходящихъ чрезъ кристаллографическія оси данной комбинаціи. Для проведенія кристаллографическихъ осей должно руководствоваться исключительно направлениемъ комбинаціонныхъ реберъ кристалла, — въ ромбической системѣ кристаллографическія оси проходятъ чрезъ оси симметріи, здѣсь-же существуетъ лишь центръ симметріи, который и обладаетъ абсолютнымъ значеніемъ, а выборъ направленія кристаллографическихъ осей подчиненъ единственному условію: оси эти должны направляться въ данной комбинаціи параллельно комбинаціоннымъ ребрамъ граней существующихъ, или кристаллографически возможныхъ, такъ какъ при этомъ условіи соблюдается законъ раціональности параметровъ граней, входящихъ въ комбинацію.

Положеніе граней кристалла представляется опредѣленнымъ относительно осей, однажды выбранныхъ, но, очевидно, положеніе самихъ осей совершенно условное: такъ какъ каждая форма асимметрической системы состоитъ изъ пары граней взаимно параллельныхъ, мы можемъ разсматривать ихъ, какъ тетартопирамиду, если онѣ пересѣкаютъ выбранныя нами оси на разстояніяхъ конечныхъ, — какъ гемидуому или гемипризму, если мы направимъ оси такъ, что грани эти параллельны одной оси, а другія двѣ пересѣкаютъ на конечныхъ разстояніяхъ, — какъ пинакоидъ, если оси такъ направлены, что пара граней пересѣкаетъ одну ось на равныхъ разстояніяхъ (+) и (—), а двумя другимъ осямъ параллельна.

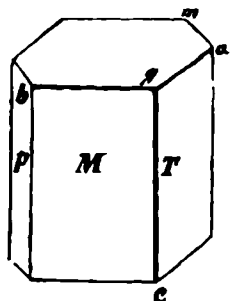


Фиг. 355.

Фиг. 355. Мы проводимъ оси такимъ образомъ, что c является базис-пинакоидомъ $\{001\}$; o правая верхняя тетарто-пирамида $\{1\ 1\ 1\}$ o лѣвая верхняя тетарто-пирамида $\{1\ \bar{1}\ 1\}$, s—правая нижняя $\{1\ 1\ \bar{1}\}$, s—лѣвая нижняя $\{1\ \bar{1}\ \bar{1}\}$; тогда оси представляютъ здѣсь мѣста

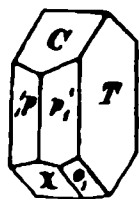
взаимнаго пересѣченія плоскостей, проходящихъ чрезъ основныя ребра, макро-ребра и брахи-ребра кристалла.

Фиг. 356. Кіанитъ (см. стр. 188): мы проводимъ вертикальную ось параллельно комбинаціонному ребру граней M и T , макро-ось параллельно комбинаціонному ребру граней M и $b g a m$, брахи-ось параллельно комбинаціонному ребру граней T и $b g a m$; при такой постановкѣ $b g a m = 0P$ (базо-пинакоидъ), $T = \infty P \infty$ (брахи-пинакоидъ), $M = \infty P \infty$ (макро-пинакоидъ), $p = 'P \infty$ (лѣвая гемипризма). Если мы, оставивъ вертикальную ось и макро-ось въ прежнемъ положеніи, проведемъ брахи-ось чрезъ средину грани M и ей параллельной такъ, чтобы она была параллельна направленію $g m$, то T и p будутъ призматическія плоскости правая и лѣвая. Очевидно, возможны и другія постановки этого кристалла.

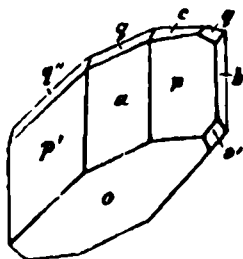


Фиг. 356.

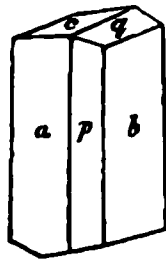
Фиг. 357. Альбитъ (см. стр. 188): $C = 0P \{001\}$, $T = \infty P \infty \{010\}$, $p = \infty P' \{110\}$, $p' = \infty 'P \{1\bar{1}0\}$, $o = P \{11\bar{1}\}$, $X = P \infty \{10\bar{1}\}$. Комбинація мѣднаго купороса (фиг. 358). По общепринятой постановкѣ этого кристалла, имѣемъ слѣдующія формы: $a = \infty P \infty (100)$, $b = \infty P \infty (010)$, $c = 0P (001)$; $p = \infty P' (110)$, $p' = \infty 'P (1\bar{1}0)$; $o = P' (11\bar{1})$, $o' = mP\bar{n}$, $m = n = 3$, $(\bar{1}31)$; $q = P \infty (011)$, $q' = 'P \infty (01\bar{1})$, $q'' = 2'P \infty (0\bar{2}1)$. Для того, чтобы понять эту довольно сложную комбинацію мы должны помнить, что если c базопинакоидъ и b брахипинакоидъ, то q должно быть брахи-дома, такъ какъ комби-



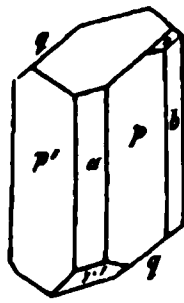
Фиг. 357.



Фиг. 358.



Фиг. 359.



Фиг. 360.

націонныя ребра $b : q$ и $q : c$ взаимно параллельны; если q правая гемибрахи-дома, то, q' и q'' должны быть грани лѣвыхъ гемибрахи-домъ, такъ какъ комбинаціонныя ребра $b : q$, $q : c$, $c : q'$, $q' : q''$ взаимно параллельны; если p основная гемипризма, то o основная тетартто-пирамида, такъ какъ ребра $c : p$ и $p : o$ взаимно-параллельныя.

Кристаллъ двухромово-кислаго кали $K_2Cr_2O_7$ (фиг. 359). По обычной постановкѣ имѣемъ комбинацію: $a = \infty P \infty (100)$, $b = \infty P \infty (010)$, $c = 0P (001)$; тогда $q = P \infty (011)$, $p = \infty P' (110)$.

Кристаллъ виноградной кислоты $(C_4H_6O_6 \cdot 2H_2O)$ (фиг. 360): $a = \infty P \infty (100)$, $b = \infty P \infty (010)$; $p = \infty P' (110)$, $p' = \infty 'P (1\bar{1}0)$; $o = P' (11\bar{1})$; тогда большая плоскость безъ знака $'P \infty (101)$, $p' = P \infty$

($10\bar{1}$). Еслибъ мы рассматривали большую плоскость, какъ основной пинакоидъ (001), грани a, p, p', b по старой постановкѣ, то мы должны были бы считать о гранью брахи-домы, напр., (011).

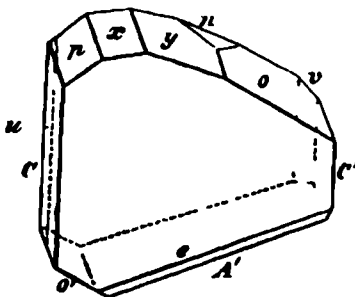
Геміэдрія.

Геміэдрія асимметрической системы можетъ быть приурочена лишь къ центру симметріи, такъ какъ плоскости и оси симметріи въ этой системѣ отсутствуютъ. Геміэдрія эта выражается слѣдующимъ образомъ: если какая-нибудь форма асимметрической системы геміэдрична, то она появляется лишь въ видѣ одной грани, другая, ей параллельная въ многогранныхъ формахъ, въ геміэдрическихъ не появляется вовсе, или-же появляется, какъ форма самостоятельная. Симметрия этого отдѣленія триклиномѣрной системы выражается

$O C$

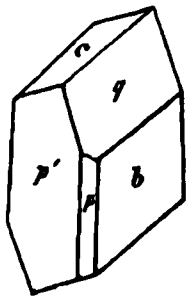
такъ какъ центръ симметріи здѣсь отсутствуетъ; рассматривая комбинаціи геміэдрическихъ формъ, мы увидимъ, что, если для данной грани есть другая параллельная, то, по условіямъ расположенія этихъ граней въ комбинаціи, онѣ не могутъ считаться однородными.

Кристаллъ, изображенный на фиг. 361, представляетъ одно изъ



Фиг. 361.

тѣхъ немногихъ соединений, на которыхъ наблюдается геміэдрія асимметрической системы; фигура нарисована такъ, что *положительнымъ* направленіемъ осей a, b, c обращены *вверхъ* (a), *назадъ* (b), *влево* (c), при такой постановкѣ:



Фиг. 362.

$$A' = \{100\}, B = \{010\}, B' = \{0\bar{1}0\}, \\ C = \{001\}, C' = \{00\bar{1}\},$$

то есть, ось c параллельна комбинаціонному ребру граней $A : B'$, ось b параллельна ребру $A : C'$, ось a параллельна ребру $C : B$, поэтому грани o, p, x, y образуетъ зону, ось которой совпадаетъ съ осью b , такъ какъ онѣ пересѣкаются въ ребрахъ параллельныхъ ребру $A : C'$, грани эти опредѣляются $o = (10\bar{1})$, $p = (101)$, $x = (30\bar{1})$, $y = (20\bar{1})$; изъ другихъ граней комбинаціи, u въ зонѣ $C : B$, слѣдовательно, параллельно оси a , эта грань опредѣляется (011), v въ зонѣ $C : B$ опредѣляется ($01\bar{1}$), e въ зонѣ $A : B$, слѣдовательно, параллельна c , она опредѣляется ($\bar{1}10$); грань n находится внѣ этихъ зонъ, она пересѣкаетъ всѣ три оси и опредѣляется ($41\bar{3}$). Для насъ важно отмѣтить полное отсутствіе здѣсь симметріи, такъ какъ грани всѣ, очевидно, совершенно разнородны, даже взаимно параллельныя, o и o' , C и C' .

Таблица формъ асимметрической системы.

I.

Голоэдрія.	Геміэдрія.
Макропинакондъ $\infty P\bar{\infty}$	Макропинакондъ передній и задній.
Брахипинакондъ $\infty P\bar{\infty}$	Брахипинакондъ правый и лѣвый.
Базопинакондъ OP	Базопинакондъ верхній и нижній.
Гемі-брахи-домы $m', P', \bar{\infty}$	Отдѣльныя грани брахи-домъ: верх. прав., верх. лѣв.; нижн. прав., нижн. лѣв.
Гемі-макро-домы $m', P', \bar{\infty}$	Отдѣльныя грани макро-домъ: верх. передняя, верх. задняя, нижн. передняя, нижн. задняя.
Вертикальныя генипризмы ∞', P', n	Отдѣльныя грани вертикальныхъ гемі-призмъ: передняя прав., передняя лѣв., задняя прав., задняя лѣв.
Тетарто-пирамиды m', P', n	Отдѣльныя грани тетарто-пирамидъ; прав. пер. верх.; лѣв. пер. верх. прав. задн. верх.; лѣв. задн. верх. прав. пер. ниж.; лѣв. пер. ниж., прав. задн. ниж.; лѣв. задн. ниж.

II.

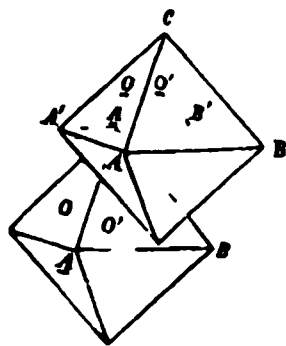
Классъ пинаконда.	Классъ педіона.
Пинакондъ первый $\{100\}$	Педіонъ первый $\{100\}$ и $\{100\}$
Пинакондъ второй $\{010\}$	Педіонъ второй $\{010\}$ и $\{010\}$
Пинакондъ третій $\{001\}$	Педіонъ третій $\{001\}$ и $\{001\}$
Пинакондъ 1-го рода $\{0kl\}$	Педіонъ 1-го рода $\{0kl\}$, $\{0\bar{k}l\}$, $\{0k\bar{l}\}$, $\{0\bar{k}\bar{l}\}$
Пинакондъ 2-го рода $\{h0l\}$	Педіонъ 2-го рода $\{h0l\}$, $\{\bar{h}0l\}$, $\{h0\bar{l}\}$, $\{\bar{h}0\bar{l}\}$
Пинакондъ 3-го рода $\{hk0\}$	Педіонъ 3-го рода $\{hk0\}$, $\{\bar{h}k0\}$, $\{hk\bar{0}\}$, $\{\bar{h}k\bar{0}\}$
Пинакондъ 4-го рода $\{hkl\}$	Педіонъ 4-го рода $\{hkl\}$, $\{h\bar{k}l\}$, $\{\bar{h}kl\}$, $\{\bar{h}\bar{k}l\}$, $\{hk\bar{l}\}$, $\{h\bar{k}\bar{l}\}$, $\{\bar{h}k\bar{l}\}$, $\{\bar{h}\bar{k}\bar{l}\}$

Болѣ простой случай представляет комбинація, изображенная на фиг. 362. Мы проводимъ оси такъ, чтобъ $c = 0P (001)$ и $b = \infty P \infty (010)$, $p = \infty P' (110)$ и $p' = \infty P' (1\bar{1}0)$, $q = P' \infty (011)$; то есть, ось a параллельна комбинаціонному ребру граней $b:c$, по продолженіи ихъ до взаимнаго пересѣченія, или же, непосредственно, параллельна комбинаціоннымъ ребрамъ $b:q$. $q:c$; ось c параллельна ребру $p':p$ также $p:b$; ось b проведена такъ, что $p' = (1\bar{1}0)$ и $p = (110)$. Грани, соотвѣтствующія этимъ на противоположной сторонѣ кристалла. $(00\bar{1})$, $(0\bar{1}1)$ и $(01\bar{0})$ обыкновенно не развиты.

Значеніе таблицы на стр. 195 ясно, изъ сравненія ея съ таблицами другихъ системъ, мы напомнимъ лишь, что въ I мы придерживаемся того правила, что грань пинакоида, вообще, пересѣкаетъ одну кристаллографическую ось и параллельна двумъ другимъ осямъ, грань призмы или дѣлты, вообще, пересѣкаетъ двѣ оси и параллельна третьей, грань пирамидальной формы пересѣкаетъ всѣ три оси. Во II мы обращаемъ вниманіе на то, встрѣчаются ли грани формъ парами, или-же отдѣльно, въ первомъ случаѣ форма носитъ названіе *пинакоида*, во второмъ—*педіона*, дальнѣйшее подраздѣленіе ихъ основано на томъ-же принципѣ, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ.

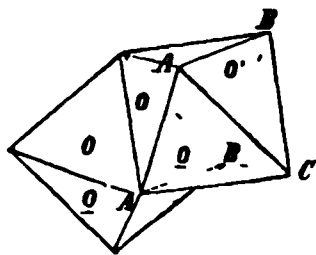
ДВОЙНИКИ.

Двойниками кристалловъ называются образованія, представляющія случаи закономѣрнаго сростанія двухъ одинаковыхъ недѣлимыхъ; кромѣ двойниковъ собственно, наблюдаются также тройники, четверники и пр. Въ каждомъ двойникѣ различаются плоскость сростанія, двойниковая плоскость и ось. Плоскость сростанія совпадаетъ или-же не совпадаетъ



Фиг. 363.

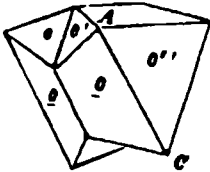
съ двойниковой плоскостью, которая всегда параллельна существующей или-же кристаллографически возможной грани кристалла, двойниковая ось перпендикулярна этой плоскости. Представимъ себѣ два кристаллографическихъ недѣлимыхъ, напр., два октаэдра кубической системы, которые взаимно соприкасаются гранями (фиг. 363),



Фиг. 364.

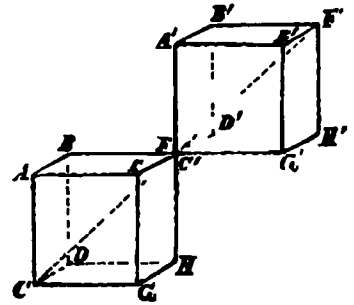
при чемъ оси ихъ взаимно параллельны; при поворотѣ одного изъ недѣлимыхъ на 180° около перпендикуляра къ плоскости ихъ взаимнаго соприкосновенія, оба недѣлимыхъ находятся въ двойниковомъ положеніи

(фиг. 364), при чемъ взаимное положеніе ихъ измѣнилось, и оси ихъ не параллельны между собою. Очевидно, линія, около которой повернутъ одинъ изъ двухъ октаэдровъ, находящихся въ двойниковомъ положеніи, совпадаетъ съ ихъ общею тригональною осью (стр. 21 и фиг. 44), говорятъ, что въ этомъ случаѣ двойниковая ось совпадаетъ съ тригональною, осью симметріи 3-го порядка. При поворотѣ, ребро AB верхняго октаэдра совпадаетъ съ ребромъ AB нижняго, такъ что A' совпадаетъ съ B , B' совпадаетъ съ A . Обыкновенно, два недѣлимыхъ, образуя двойниковое срастаніе, при этомъ укорачиваются по направленію двойниковой оси, въ частныхъ случаяхъ можно представить себѣ, что октаэдръ разрѣзанъ на двѣ части плоскостью, параллельною его грани, и одна половина октаэдра повернута на 180° около тригональной



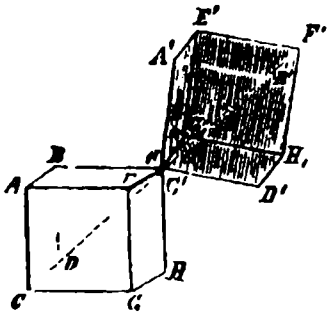
Фиг. 365.

оси: такое укорачиваніе октаэдровъ, напоминающее срастаніе двухъ половинокъ кристалла представлено на фиг. 365; сравнивая ее съ фиг. 364, легко ориентироваться во вза-



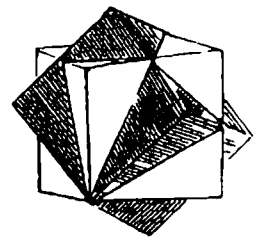
Фиг. 366.

имномъ положеніи недѣлимыхъ. Выше мы разсмотрѣли двойники *срастанія*—въ случаѣ двойниковаго *проростанія*, мы имѣемъ два недѣлимыхъ, которыя, находясь въ двойниковомъ положеніи, проростають одно дру-



Фиг. 367.

гое: фиг. 366 представляетъ два куба въ параллельномъ положеніи, они поставлены такъ, что тригональная ось FF' одного куба является продолженіемъ тригональной оси другого куба CC' , фиг. 367 изображаетъ нижній кубъ



Фиг. 368.

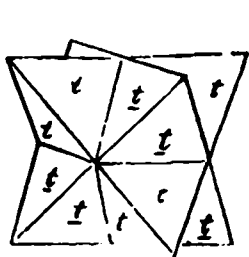
въ прежнемъ положеніи, верхній кубъ повернуть на 180° около тригональной оси. Если верхній кубъ вросаетъ въ нижній, подвигаясь по тригональной оси, то получаются два куба, проросшіе одинъ другой въ двойниковомъ положеніи (фиг. 368). Мы видимъ, что здѣсь трехгранные углы и ребра одного куба выходятъ въ граняхъ другого.

ДВОЙНИКИ КУБИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.

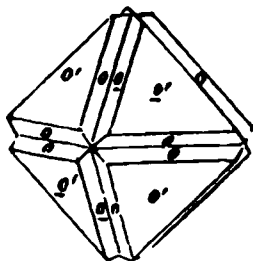
Примѣры двойниковаго срастанія многогранныхъ формъ кубической системы представлены выше на фиг. 363, 364, 365, 366, 367, 368.

Геміэдрические кристаллы кубической системы.

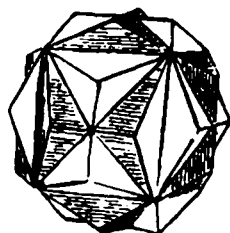
Въ противоположность полнограннымъ кристалламъ, геміэдрическія формы кубической системы могутъ давать двойниковыя образования съ параллельными системами осей. Если мы приведемъ въ соприкосновеніе два тетраэдра, положительный и отрицательный, по плоскости, кристаллографически возможной,—по плоскости куба, которая должна симметрически притуплять грань тетраэдра,—при взаимно параллельномъ поло-



Фиг. 369.



Фиг. 370.



Фиг. 371.

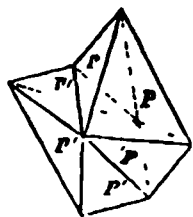
женіи осей обоихъ тетраэдровъ, и заставимъ мысленно одинъ кристаллъ проростать другой, получимъ двойникъ, представленный на фиг. 369, если взять два тетраэдра одного знака въ одинаковомъ положеніи, то, для полученія такого же двойника, одно недѣлимое должно быть повернуто на 90° .

На фиг. 370 изображено такое же проростаніе двухъ недѣлимыхъ, представляющихъ комбинаціи двухъ тетраэдровъ, положительнаго и отрицательнаго.

Фиг. 371 представляютъ примѣръ такого-же проростанія двухъ пентагональных додекаэдровъ.

Двойники квадратной системы.

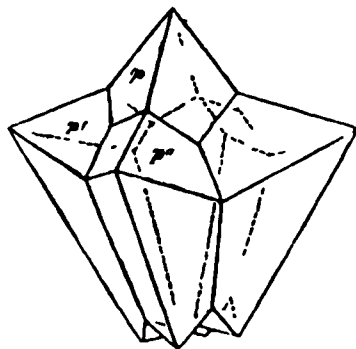
Въ квадратной системѣ часто встрѣчаются двойниковыя сростанія по плоскости, параллельной грани пирамиды 2-го рода: на фиг. 372



Фиг. 372.

изображенъ двойникъ, образованный двумя пирамидами 1-го рода по этой плоскости, — въ этомъ двойникѣ мы можемъ опредѣлить второе недѣлимое (p), которое повернуто на 180° около перпендикуляра къ грани пирамиды 2-го

рода, хотя и не наблюдаемой здѣсь на первомъ недѣлимомъ, но кристаллографически возможной. Подобнымъ-же образомъ, можно представить третье, четвертое и пятое недѣлимые, сросшіяся съ первымъ не-

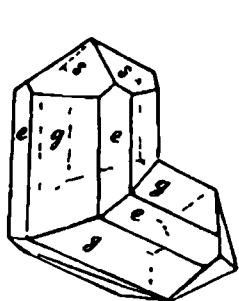


Фиг. 373.

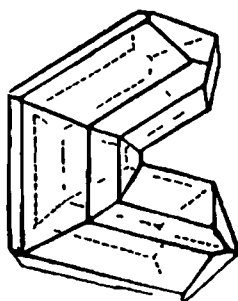
дѣлимымъ по другимъ гранямъ пирамиды 2-го рода, которыя могутъ появиться на всѣхъ полярныхъ ребрахъ пирамиды 1-го рода, симметрично ихъ притупляя.

Если мы представимъ пирамиду 1-го рода (p), съ которою сростаются четыре такія-же пирамиды (p'), (p''), (p''') и (p''''), располагаясь такимъ образомъ, что каждая приходится противъ одного изъ нижнихъ реберъ пирамиды (p), сростаясь съ нею по плоскости пирамиды 2-го рода, то мы получимъ одинъ изъ извѣстныхъ пятерниковъ квадратной системы (фиг. 373).

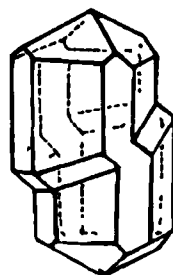
Фиг. 374 представляетъ двойникъ, образованный также по пирамидѣ 2-го рода: здѣсь s пирамида 1-го рода, g призма 1-го рода, e призма 2-го рода, входящія и выходящія углы образованы призмами 1-го рода (g) и (g) и 2-го рода (e) и (e). На фиг. 375 изображено тройниковое сростаніе по тому-же закону, причемъ первое недѣлимое не па-



Фиг. 374.



Фиг. 375.



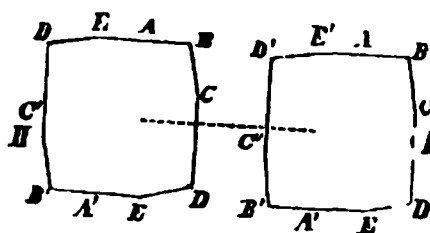
Фиг. 376.

раллельно третьему. На фиг. изображенъ 377 тройникъ по тому-же закону, но первое и третье недѣлимые между собою параллельны. Чтобы понять разницу между этими образованиями, мы обращаемъ вниманіе на двойникъ, изображенный на фиг. 374, ко второму недѣлимому этого двойника можетъ прирости третье, по плоскости пирамиды 2-го рода, и послѣ поворота на 180° около перпендикуляра къ этой плоскости къ верху или къ низу: въ первомъ случаѣ получается тройникъ, изображенный на фиг. 375, во второмъ случаѣ получается тройникъ, изображенный на фиг. 376.

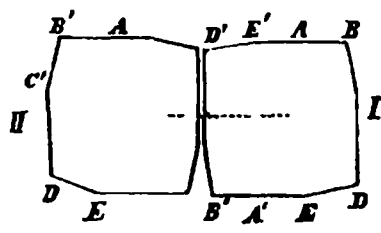
Двойники по призмѣ 2-го рода, очевидно, невозможны у полногранныхъ формъ, такъ какъ параллельно ея гранямъ направляются плоскости симметріи системы, и два недѣлимые, сростаясь по призмѣ, представляли-бы случай сростанія параллельнаго, но не двойниковаго; такіе двойники возможны у геміэдрическихъ формъ, когда въ нихъ отсутствуютъ плоскости симметріи, параллельныя гранямъ призмы 2-го рода. Хорошіи примѣры двойниковаго сростанія по этому закону представляютъ кристаллы шеелита (CaWO_4), на которыхъ наблюдаются пирамиды 1-го, 2-го и 3-го рода,—на двойникахъ грани пирамидъ 3-го

рода, наблюдаемая на обѣихъ недѣлимыхъ, пересѣкаются взаимно подъ углами $\geq 90^\circ$.

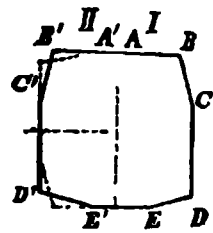
Этотъ случай двойниковаго срастанія возможно получить въ комбинаціяхъ призмъ 2-го и 3-го рода: пусть фиг. 377 изображаетъ положеніе призмъ 2-го рода (A, A', C, C') и 3-го рода ($DE, D'E', BC, B' C'$); при поворотѣ одного изъ этихъ недѣлимыхъ на 180° около перпендикуляра къ призмѣ 2-го рода, ихъ взаимное положеніе измѣняется, такъ, какъ изображено на фиг. 378,—фиг. 379 показываетъ, какъ эти недѣлимыя срастаются, укорачиваясь по направленію перпендикуляра къ плоскости срастанія, которая въ то-же время является и двойниковою плоскостью, такъ какъ одно недѣлимое поворачивается на 180° около перпендикуляра къ этой же плоскости, въ результатѣ получается образованіе, обладающее большею степенью симметріи, нежели каждое изъ недѣлимыхъ, образующихъ двойникъ, такъ какъ эти недѣлимыя представляютъ комбинацію призмы 2-го рода (A, A') и призмы 3-го



Фиг. 377.



Фиг. 378.



Фиг. 379.

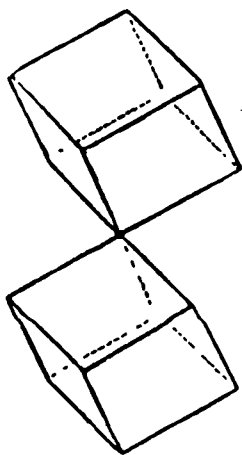
рода (BC и DE), а въ призмѣ 3-го рода отсутствуютъ плоскости симметріи. параллельныя гранямъ призмъ 1-го и 2-го рода, здѣсь-же оба недѣлимыя расположены совершенно симметрично относительно плоскости срастанія, совпадающей съ двойниковою плоскостью,—такъ, гранямъ призмъ 3-го рода BC и DE въ одномъ недѣлимомъ соответствуютъ симметричныя имъ грани призмъ 3-го рода $B'C$ и $D'C$ на другомъ недѣлимомъ,—при продолженіи, плоскости BC и $B'C$ пересѣкаются подъ угломъ $< 90^\circ$, плоскости DE и $D'E$, при тѣхъ-же условіяхъ, образуютъ уголъ $> 90^\circ$. Мы могли-бы разсмагивать эти недѣлимыя, какъ комбинаціи призмъ 1-го и 3-го рода, тогда двойниковою плоскостью и плоскостью срастанія была бы грань призмы 1-го рода.

Двойники гексагональной системы.

Въ гексагональной системѣ особенно поучительны двойники, принадлежащіе къ ромбоэдрической геміэдриі; они образованы по разнымъ способамъ,

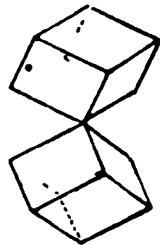
1. *Двойниковая плоскость и плоскость срастанія параллельны основному тинакоиду.* Фиг. 380 представляетъ два ромбоэдра въ параллельномъ положеніи, они соприкасаются въ точкахъ, совпадающихъ съ

ихъ вершинами, такъ что главная ось одного ромбоэдра находится на продолженіи главной оси другого ромбоэдра, очевидно, плоскость, проходящая чрезъ точку соприкосновенія

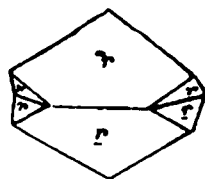


Фиг. 380.

ромбоэдровъ перпендикулярно къ линіи, совпадающей съ ихъ главными осями, параллельна гранямъ основныхъ пинакондовъ, которые могутъ вступать въ комбинацію съ ромбоэдрами. На фиг. 381 верхній ромбоэдръ повернутъ на 180° около главной оси, совпадающей, очевидно, съ перпендикуляромъ къ плоскости основнаго пинаконда общей обоимъ недѣлимымъ; нарушеніе взаимнаго параллелизма обоихъ ромбоэдровъ выражается въ томъ отношеніи, что па-

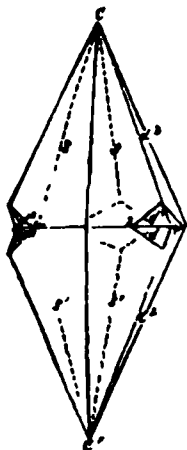


Фиг. 381.



Фиг. 382.

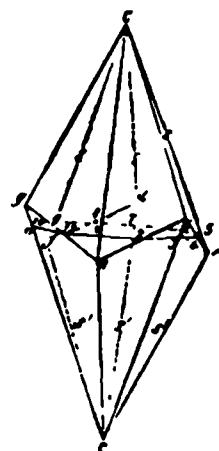
раллельно каждой грани одного ромбоэдра мы находимъ въ другомъ ромбоэдрѣ направленіе, совпадающее не съ гранью, а съ ребромъ. Фиг.



Фиг. 383.

382 представляетъ оба ромбоэдра, послѣ поворота, укороченные по главной оси и сросшіеся по плоскости параллельной пинаконду: здѣсь грани (r) ромбоэдра сверху соответствуетъ также грань ромбоэдра (r) снизу а не ребро, какъ то должно быть у простыхъ, не двойниковыхъ ромбоэдровъ.

Мы припомнимъ также, что каждой грани ромбоэдра, по положенію, соответствуетъ тупое ребро скаленоэдра;



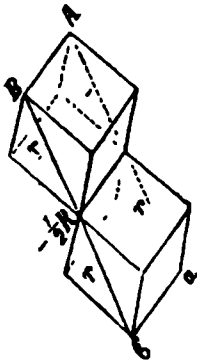
Фиг. 384.

фиг. 383 представляетъ два скаленоэдра, сросшіеся по тому-же закону, который выше разобранъ; двойниковый характеръ образованія, кромѣ присутствія входящихъ угловъ, выражается также въ томъ отношеніи, что здѣсь тупому углу скаленоэдра вверху соответствуетъ такое-же ребро внизу, тогда какъ у скаленоэдра не двойниковаго верхнему тупому ребру соответствуетъ нижнее ребро болѣе острое и наоборотъ (фиг. 384), направленіе двойниковой плоскости, совпадающей съ плоскостью срастанія, отмѣчено цифрами 1, 2, 3, 4...

2. Двойниковая плоскость и плоскости срастанія параллельны плоскости тупѣйшаго отрицательнаго ромбоэдра — $\frac{1}{2} R$.

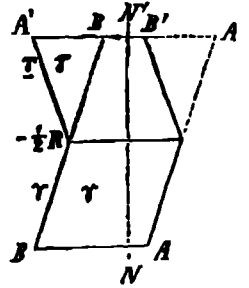
Представимъ себѣ два ромбоэдра во взаимно параллельномъ положеніи такъ, чтобъ они соприкасались двумя полярными ребрами, фиг.

385, или, что проще, двумя гранями первого тупѣйшаго отрицательнаго ромбоэдра, который можетъ вступать съ ними въ комбинацію (сравн.



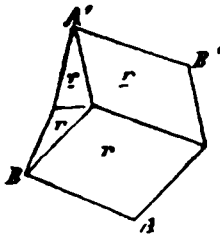
Фиг. 385.

фиг. 253 стр. 127), тогда двойниковой осью будетъ перпендикуляръ къ обѣмъ гранямъ этихъ отрицательныхъ ромбоэдровъ: поворачивая одно недѣлимое на 180° около двойниковой оси мы приводимъ его въ положеніе, указанное на фиг. 386 въ планѣ, такимъ образомъ эти недѣлимья и могутъ сростаться, образуя двойникъ по указанному закону, но часто оба недѣлимья ири этомъ такъ укорачиваются, что при ихъ сростаніи образуется форма, состоящая



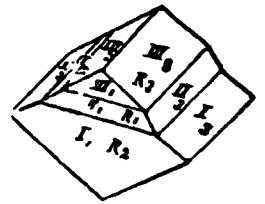
Фиг. 386.

какъ бы изъ двухъ половинъ одного ромбоэдра (фиг. 387), мы легко представимъ такую форму. если разрѣжемъ ромбоэдръ (R) мысленно на



Фиг. 387.

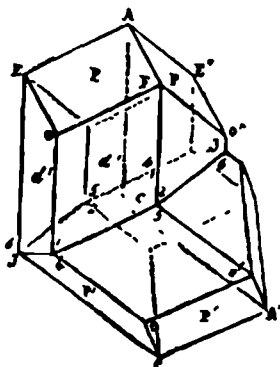
двѣ части плоскостью, проходящею чрезъ центръ симметріи, по направлению параллельному плоскости перваго тупѣйшаго отрицательно ромбоэдра ($-\frac{1}{2}R$) и повернемъ одну



Фиг. 388.

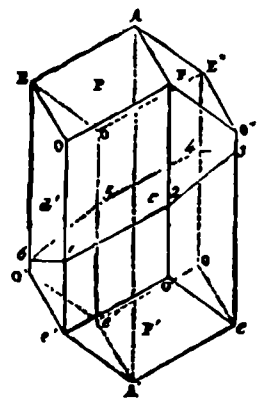
изъ этихъ половинъ на 180° около

перпендикуляра къ той плоскости, по которой мы разрѣзали ромбоэдръ. Тогда у насъ получается образованіе, представленное на фиг. 387, и изображающее весьма обыкновенный двойникъ, наблюдаемый въ природѣ.



Фиг. 389.

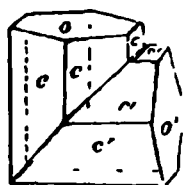
По этому закону часто образуются *полисинтетическіе* двойники слѣдующаго характера: представимъ основной ромбоэдръ R_1 , съ которымъ по плоскости перваго тупѣйшаго отрицательнаго ромбоэдра ($-\frac{1}{2}R$) срастаются два другіе основные ромбоэдра R_2 и R_3 , такъ, что оба эти ромбоэдра находятся въ положеніи взаимно параллель-



Фиг. 390.

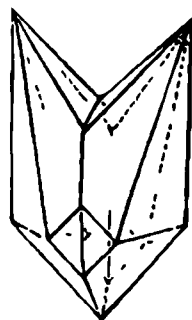
номъ, такъ какъ плоскости сростанія ихъ съ ромбоэдромъ R_1 должны быть взаимно параллельны; на фиг. 388 представлены три ромбоэдра въ положеніи, соответствующемъ тройниковому ихъ сростанію, при этомъ по развитію преобладаетъ R_2 , ромбоэдры R_1 и R_3 , подвергаясь двойниковому сростанію, сильно укорачиваются по направленію двойниковой оси. На рисунокѣ видно, что грани и ребра ромбоэдра R_2 парал-

лельны гранямъ и ребрамъ ромбоэдра R_3 . Такимъ-же образомъ, къ ромбоэдру R_2 можетъ присоединиться еще ромбоэдръ въ двойниковомъ положеніи по тому-же закону, къ R_1 также присоединяется ромбоэдръ и т. д., въ результатъ получается образованіе, составленное изъ большого числа ромбоэдровъ, которые срастаются всѣ по одному закону: плоскость двойникова и плоскость срастанія параллельны грани тупѣйшаго отрицательнаго ромбоэдра; въ такомъ случаѣ, когда недѣлимые, вступающіе



Фиг. 391.

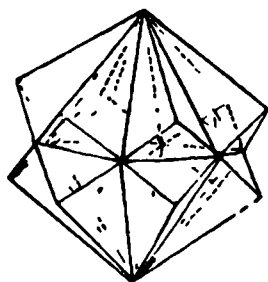
въ составъ двойника, сильно укорачиваются ребра входящія и выходящія, образованныя соответствующими гранями недѣлимыхъ какъ видно изъ чертежа, взаимно параллельныя, принимаютъ характеръ тонкой штриховки, когда толщина, недѣлимыхъ очень мала и



Фиг. 392.

количество ихъ въ одномъ образованіи очень велико.

Фиг. 389 представляетъ два недѣлимые въ двойниковомъ положеніи по тому-же закону: каждое недѣлимое представляетъ комбинацію $R(r)$ и $R\infty(d)$ (сравн. стр. 154),



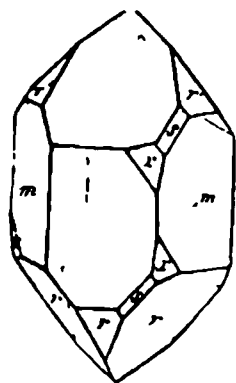
Фиг. 393.

относительное положеніе ихъ, до поворота нижняго недѣлимаго, изображено на фиг. 390, двойниковая плоскость обозначена цифрами 1, 2, 3, 4....

3. *Двойниковая плоскость и плоскость срастанія параллельны грани основнаго ромбоэдра.*

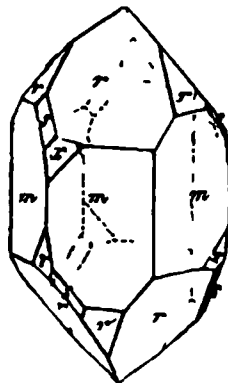
Фиг. 391 представляетъ два недѣлимые (комбинація $a = 0 R$ и $c = \infty R$), образующія двойникъ по основному ромбоэдру; фиг. 392 представляетъ два скаленоэдра, образующіе двойникъ по тому-же закону.

Мы рассмотримъ также двойникъ проростанія, образованный двумя ромбоэдрами (фиг. 393). Для объясне-



Фиг. 394 а.

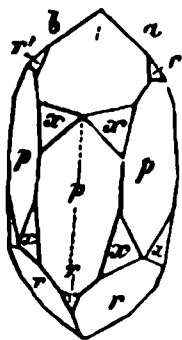
нія его мы беремъ два ромбоэдра въ двойниковомъ положеніи по основному пинаконду (см. выше фиг. 381)—затѣмъ верхній ромбоэдръ долженъ вросать въ нижній по направленію линіи, совпадающей съ главными осями обонхъ ромбоэдровъ, полученный двойникъ похожъ на аналогичное проростаніе двухъ кубовъ, тѣмъ болѣе, что въ частныхъ случаяхъ ромбоэдры бываютъ сходны съ кубами.



Фиг. 394 в.

Изъ другихъ двойниковъ гексагональной системы, мы рассмотримъ срастаніе двухъ кристалловъ принадлежащихъ къ трапецоэдрической тетартоэдри: на фиг. 394а и в изображены комбинаціи призмы 1-го

рода, ромбоэдровъ положительнаго и отрицательнаго, кромѣ того, на кристаллѣ *a* наблюдаются грани праваго трапецоэдра и правой тригональной пирамиды, на кристаллѣ *b* такія-же грани лѣвыхъ формъ (ср. стр. 148).



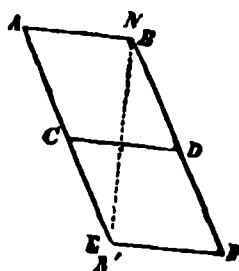
Фиг. 395.

Если оба эти кристалла образуютъ двойникъ по призмѣ 2-го рода, здѣсь не присутствующей, но кристаллографически возможной, и если они врастаютъ равномерно одинъ въ другой, то получается образование, напоминающее комбинацію ромбоэдровъ положительнаго и отрицательнаго съ призмою 1-го рода и *скаленоэдромъ*, такъ какъ тригональные трапецоэдры правый и лѣвый, взаимно дополняясь, образуютъ ту форму, изъ которой, какъ показано выше, они могутъ быть получены при исчезаніи и развитіи въ поперебѣнномъ порядкѣ паръ граней, пересѣкающихся въ среднихъ ребрахъ (изъ тригональныхъ пирамидъ при этомъ получается гексагональная пирамида 2-го рода).

На фиг. 395 представленъ примѣръ подобнаго срастанія здѣсь *r* и *r'* грани ромбоэдровъ, *p* — грани призмы, *x* — грани тригональныхъ трапецоэдровъ, образующіе скаленоэдръ (грани пирамидъ не показаны).

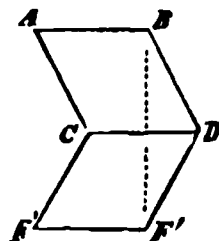
Ромбическая система.

Въ ромбической системѣ особеннаго вниманія заслуживаютъ двойники по плоскости призмы: при этомъ двойниковая ось совпадаетъ съ



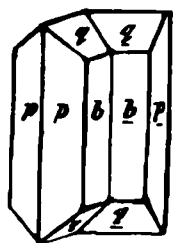
Фиг. 396.

перпендикуляромъ къ призматической плоскости, которая, такимъ образомъ, является плоскостью двойниковою и плоскостью срастанія. Представимъ себѣ, что (фиг. 396) *ABCD* и *CDEF* слѣды на бумагѣ двухъ призмъ, соприкасающихся и поставленныхъ такимъ образомъ, что оси ихъ взаимно параллельны, а вертикальныя оси перпенди-



Фиг. 397.

кулярны плоскости бумаги. Повернувъ на 180° одну изъ призмъ около перпендикуляра *NN'* къ плоскости *CD*, мы поставимъ ее въ двойнико-

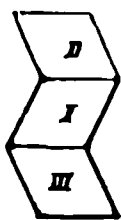


Фиг. 398.

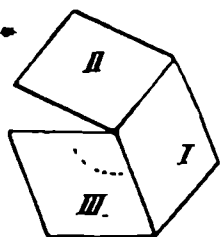
вое положеніе относительно другой (фиг. 397), на бумагѣ обозначается слѣдъ повернутой призмы линіями *CD*, *FF'*. На фиг. 398 дано изображеніе двухъ комбинаціонныхъ формъ въ двойниковомъ положеніи по этому закону; каждое недѣлимое представляетъ комбинацію призмы (1 1 0) (*p*), макроринакоида (100) (*b*), макродомы (1 0 1) (*q*).

Фиг. 399 представляетъ слѣдъ тройника, аналогичнаго выше разобранному двойнику: къ недѣлимому I присоединяется недѣлимое

III, потому-же закону, какъ недѣлимое II, оба недѣлимыхъ II и III взаимно параллельны; на фиг. 400 представлено срастаніе трехъ недѣлимыхъ по тому-же закону, но въ иномъ положеніи, такъ какъ здѣсь недѣлимое II не параллельно недѣлимому III, очевидно, если тупой уголъ ромбической призмы близокъ къ 120° , такой тройникъ напоминаетъ форму гексаго-



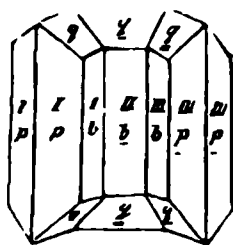
Фиг. 399.



Фиг. 400.

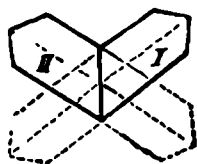


Фиг. 401.



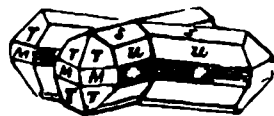
Фиг. 402.

нальной системы, особенно, если входящій двойниковый уголъ, при раз-
ростаніи недѣлимыхъ, исчезаетъ. Фиг. 401 и фиг. 402, по характеру
изображеннаго на нихъ тройниковаго срастанія, соотвѣтствуютъ тройни-
камъ. представленнымъ въ планѣ на фиг. 399 и 400, нужно имѣть въ



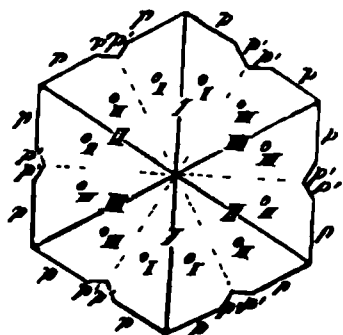
Фиг. 403.

ду, впрочемъ, что здѣсь недѣлимыхъ, об-
разующія тройниковое срастаніе,
представляютъ комбинацію призмы
(1 1 0) (p) макро-пинакоида (100) (b),
макродомы (1 0 1) (q), кромѣ того, на
фиг. 401 среднес недѣлимоеочень сжато.



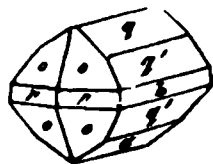
Фиг. 404.

Въ ромбической системѣ часто встрѣчаются двойники и тройники
проростанія. На фиг. 403 въ планѣ показано, какъ два недѣлимыхъ, по-
ставленные въ двойниковое положеніе по призмѣ, затѣмъ проростаютъ

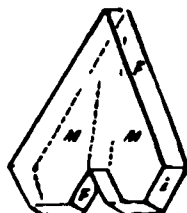


Фиг. 405.

другъ друга по направленію,
указанному пунктиромъ, такой
планъ, соотвѣтствуетъ двойни-
ку проростанія, изображенному
на фиг. 404, и состоящему изъ
недѣлимыхъ, ограниченныхъ
призмой (M), пирамидой (T),
двумя брахидами (u и s),
брахипинакондомъ (o). Фиг. 406
поможетъ понять тройникъ про-
ростанія, представленный на



Фиг. 406.

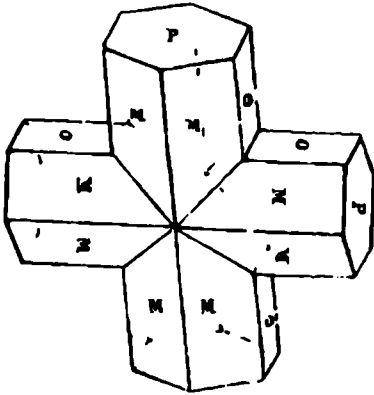


Фиг. 407.

фиг. 405, образованный по плоскости призмы p; на фиг. 405 еще за-
мѣтны грани другой призмы, p'.

Изъ другихъ способовъ двойниковаго срастанія и проростанія кри-
сталловъ ромбической системы, мы рассмотримъ слѣдующіе: фиг. 407
представляетъ двойникъ срастанія по плоскости брахи-домы $3P \propto (031)$,
если $M = \infty P \propto (100)$, $F = \infty P \propto (010)$;

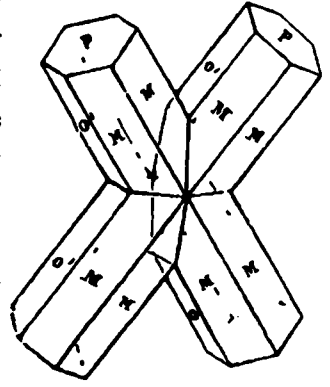
фиг. 408 изображает двойникъ проростанія, здѣсь двойниковая плоскость и плоскость срастанія $\frac{3}{2} P \infty (023)$, каждое недѣлимое представляетъ комбинацію: $M = \infty P (110)$, $O = O' = \infty P \infty (010)$, $P = 0P (001)$, плоскость двойниковая болѣе наклонена къ вертикальной оси, нежели въ предыдущемъ



Фиг. 408.

случаѣ, — она направлена параллельно грани $\frac{3}{2} P \infty (023)$, а раньше (фиг. 407) мы имѣли грань болѣе острой брахидомы $3P \infty (031)$

Изъ разсмотрѣнія двойниковъ и тройниковъ проростанія мы видимъ, что въ нихъ двойниковую плоско-



Фиг. 409.

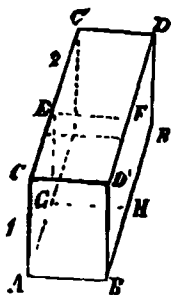
стью называется плоскость, которая *опредѣляетъ положеніе двойниковой оси* — эта послѣдняя всегда перпендикулярна двойниковой плоскости; что-же касается плоскости срастанія, то, строго говоря, въ двойникахъ и тройникахъ проростанія она отсутствуетъ, въ двойникахъ и тройникахъ срастанія, разобранныхъ до сихъ поръ, двойниковая плоскость совпадала съ плоскостью срастанія.

Фиг. 409 представляетъ двойникъ проростанія. здѣсь двойниковая ось перпендикулярна грани брахипирамиды $\frac{3}{2} P^3 \frac{1}{2} (322)$, не входящей въ комбинацію недѣлимыхъ, образующихъ двойникъ, но кристаллографически возможной: $M = \infty P (110)$, $P = 0P (001)$, $O = \infty P \infty (010)$.

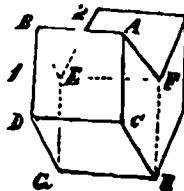
Двойники моносимметрической системы.

Въ двойникахъ моносимметрической системы мы рассмотримъ два закона ихъ образованія: 1) плоскость двойниковая и плоскость срастанія параллельны ортопинаконду, слѣдовательно, двойниковая ось перпендикулярна ортопинаконду; 2) плоскость двойниковая параллельна ортопинаконду (100), плоскость срастанія параллельна клинопинаконду (010). Второй законъ иначе выражается слѣдующимъ образомъ: плоскость срастанія параллельна клинопинаконду, двойниковая ось параллельна ребру, образованному комбинаціею клинопинакоида (010) съ ортопинакономъ (100), — мы будемъ придерживаться этой формулировки закона, здѣсь мы въ первый разъ имѣемъ случай двойниковаго образованія, приурочиваемаго къ линіи, имѣющей кристаллографическое значеніе, а не къ перпендикуляру, возстановленному къ плоскости, существующей или же возможной въ кристаллѣ.

1) Для уясненія перваго закона, рассмотримъ два недѣлимыхъ, представляющія простѣйшій случай комбинаціи формъ этой системы (фиг. 410): основной пинакоидъ $CDEF = (001)$, орто-пинакоидъ $CDAB = (100)$, клино-пинакоидъ $BDFH = (010)$. Оба недѣлимыхъ, (1) и (2), имѣютъ плоскость взаимнаго касанія $EFGH$, параллельную ортопинакоиду. При поворотѣ на 180° перваго (1) недѣлимаго около перпендикуляра къ плоскости $EFGH$, оно принимаетъ положеніе, обозначаемое на фиг. 411 буквами $BADC$, причемъ грани основного пинакоида у обоихъ недѣлимыхъ образуютъ углы, входящій и выходящій.

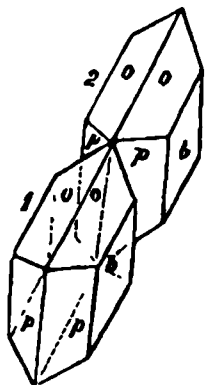


Фиг. 410.



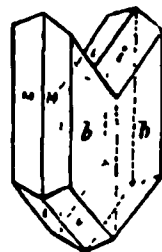
Фиг. 411.

Въ природѣ по этому закону часто образованы двойники у гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$); на фиг. 412 представлены два кристалла въ положеніи аналогичномъ фиг. 410: здѣсь a гемипирамида $(1\ 1\ 1)$, p призма $(1\ 1\ 0)$, b клинопинакоидъ $(0\ 1\ 0)$. На фиг. 413 показано, какъ первое (1) недѣлимое, послѣ поворота на 180° около перпендикуляра къ плоскости параллельной ортопинакоиду (100) , аналогично фиг. 411, сростается со вторымъ (2) недѣлимымъ, при чемъ оба укорочены по направленію двойниковой оси:



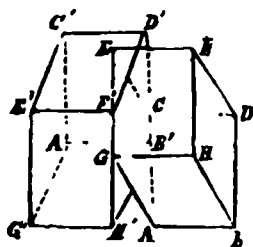
Фиг. 412.

$M = \infty P (110)$, $b = \infty P \infty (010)$, $i = P (111)$.

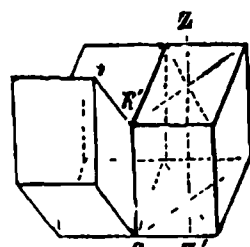


Фиг. 413.

2) Для уясненія втораго закона, рассмотримъ два такіе-же недѣлимыхъ, какъ въ первомъ случаѣ, въ двойниковомъ положеніи (фиг. 414), оба они соприкасаются гранями клинопинакоида (010) , при этомъ основной пинакоидъ (001) у лѣваго недѣлимаго $C'D'E'F$ направленъ къ наблюдателю, у праваго недѣлимаго — въ сторону противоположную; на фиг. 415 два недѣлимыхъ во взаимно параллельномъ положеніи, если затѣмъ правое недѣ-



Фиг. 414.



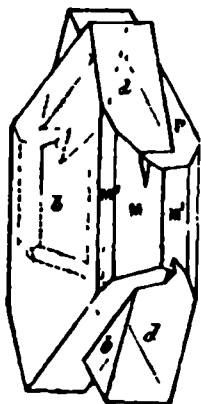
Фиг. 415.

лимое повернуто на 180° около ребра $R'R$, какъ около оси, оно принимаетъ положеніе параллельное правому недѣлимому на предыдущей фигурѣ, но ему не тождественное, такъ какъ при этомъ недѣлимыхъ соприкасаются гранями орто-пинакоида (100) (см. выше).

Если-же правое недѣлимое поворачивается на 180° около вертикальной кристаллографической оси ZZ' , параллельной ребру $R'R$, оно непосредственно принимаетъ положеніе праваго недѣлимаго на фиг. 414; слѣдо-

вательно, въ данномъ случаѣ проще всего принять за ось двойниковаго вращенія вертикальную ось кристалла. Двойниковая плоскость, по общему опредѣленію, перпендикулярная двойниковой оси, въ такомъ случаѣ представляется излишнею, и мы можемъ ее вовсе не разсматривать, въ виду полной опредѣленности положенія двойниковой оси, какъ комбинаціоннаго ребра двухъ граней. или-же, какъ линіи, параллельной вертикальной кристаллографической оси обоихъ недѣлимыхъ.

Мы видимъ, что положеніе праваго недѣлимаго, послѣ поворота, совершенно соотвѣтствуетъ двойниковому положенію, разобранному на фиг. 410 и 411, для объясненія котораго мы принимали двойниковую плоскость параллельную орто-пинаконду (100), слѣдовательно, двойниковую ось перпендикулярную этой плоскости; чтобъ перейти отъ этого по-



Фиг. 416.

ложенія недѣлимыхъ къ ихъ окончательному положенію, изображенному на фиг. 414, мы допускаемъ, что здѣсь двойниковая плоскость параллельна орто-пинаконду (100), а плоскость срастанія параллельна клинопинаконду (010) — проще всего, однако, у такихъ двойниковъ разсматривать, какъ двойниковую ось, кристаллографическую ось вертикальную, параллельную комбинаціонному ребру клино-пинаконда съ орто-пинакондомъ, плоскостью срастанія принимать плоскость параллельную клинопинаконду обоихъ недѣлимыхъ. Этотъ двойниковый законъ впервые былъ опредѣленъ на кристаллахъ каіеваго полевого шпата (ортоклаза $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) изъ окрестностей Карлсбада (Богемія), почему онъ извѣстенъ подъ именемъ *карлсбадскаго закона* срастанія полевыхъ шпатовъ — онъ наблюдается и на другихъ кристаллахъ.

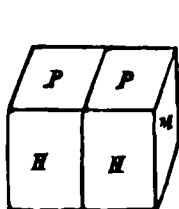
Въ разобранномъ примѣрѣ *лѣвое* недѣлимое оставалось неподвижнымъ, вслѣдствіе чего, основной пинакондъ (001) *лѣваго* недѣлимаго оставался обращеннымъ къ *наблюдателю*, такой карлсбадскій двойникъ принято называть *лѣвымъ*; если остается неподвижнымъ *правое* недѣлимое, и, вслѣдствіе этого, основной пинакондъ *праваго* недѣлимаго обращенъ къ *наблюдателю*, получается *правый* карлсбадскій двойникъ. На фиг. 416 изображенъ правый двойникъ ортоклаза, здѣсь $P = 0P (001)$, $M = \infty P (110)$, $a = -P \infty (\bar{1}01)$, $b = \infty P \infty (010)$.

Двойники асимметрической системы.

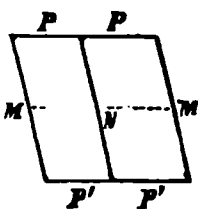
Мы разсмотримъ здѣсь два закона образованія двойниковъ: *альбитовый* законъ, обыкновенно наблюдаемый на кристаллахъ альбита (натровый полевой шпатъ $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$) и периклиновый законъ,

опредѣленный на кристаллахъ периклина (разность альбита—кристаллы периклина вытянуты параллельно гранямъ макро-домы (101), слѣдовательно, параллельно макро-оси.

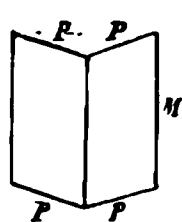
Сростаніе по альбитовому закону выражается слѣдующимъ образомъ: два недѣлимыхъ асимметрической системы (фиг. 417) простѣйшей комбинаціи $P=0P$ (001), $H=P\infty$ (100), $M=\infty P \infty$ (010) соприкасаются гранями брахи-пинакоида, находясь при этомъ въ положеніи взаимно параллельномъ; въ планѣ это положеніе изображается фигурою 418, гдѣ MNM показываетъ направленіе макро-діагональной оси обоихъ кристалловъ; при поворотѣ на 180° праваго недѣлимаго около *перпендикуляра* къ общей плоскости соприкасания недѣлимыхъ, на верхнемъ концѣ полученной двойниковой формы образуется входящій уголъ, а на нижнемъ концѣ — выходящій уголъ, оба эти угл., характерные для двойниковъ, образованы гранями основного пинакоида обоихъ недѣлимыхъ, въ разрѣзѣ это двойниковое положеніе изображается фигурою 419.



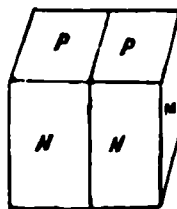
Фиг. 417.



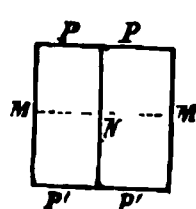
Фиг. 418.



Фиг. 419.

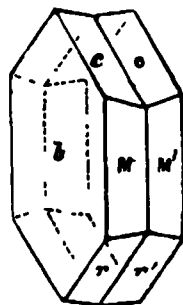


Фиг. 420.



Фиг. 421.

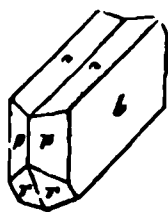
Очевидно, у полногранныхъ кристалловъ системы моносимметрической двойники, по соотвѣтствующему закону, *невозможны*, такъ какъ у нихъ клинопинакоидъ (010), аналогичный по положенію брахи-пинакоиду (010) у кристалловъ системы асимметрической, параллеленъ плоскости симметріи, а перпендикуляръ къ этой плоскости совпадаетъ съ осью симметріи 2-го порядка. Слѣдовательно, если поставить два кристалла моносимметрической системы въ положеніе, указанное на фиг. 420 и 421 (фиг. 421 въ планѣ), то при поворотѣ на 180° около перпендикуляра къ клино-пинакоиду одного изъ кристалловъ, напр., праваго, взаимное положеніе кристалловъ не измѣняется (у кристалловъ гемиморфныхъ, двойники по клинопинакоиду (010) возможны, но при этомъ получается форма, по внѣшности сходная съ полнограннымъ кристалломъ моносимметрической системы).



Фиг. 422.

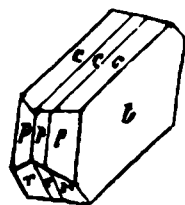
Фиг. 422 представляетъ двойникъ по альбитовому закону: здѣсь $c=0P$ (001), $b=\infty P \infty$ (010), $M=\infty P$ (110), $r=P\infty$ (101); фиг. 423 представляетъ тотъ-же двойникъ, но иначе поставленный, кромѣ того, на фиг. 422 недѣлимые болѣе вытянуты по вертикальной оси

(параллельно ребру между b и p), на фиг. 423 недѣлимые вытянуты брахи-оси (параллельно ребру между b и c). Фиг. 424 представляетъ тройникъ по альбитовому закону: здѣсь третье недѣлимое (лѣвое крайнее)



Фиг. 423.

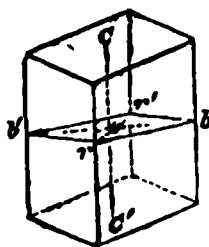
должно быть параллельно первому недѣлимому (правому крайнему), основной пинакоидъ (001) первого недѣлимаго и второго (средняго) образуютъ сверху выходящій уголъ, а основной пинакоидъ второго недѣлимаго и третьяго образуютъ сверху входящій уголъ; среднее недѣлимое сжато по направленію двойнико-



Фиг. 424.

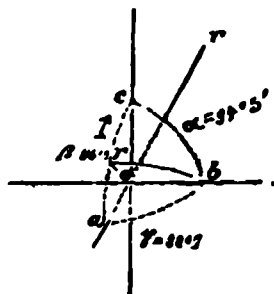
вой оси, которая здѣсь не имѣетъ никакого кристаллографическаго значенія. Подобнымъ-же образомъ къ третьему недѣлимому присоединяется четвертое, пятое и т. д.—всѣ четныя недѣлимыя, при этомъ, взаимно параллельны и не параллельны нечетнымъ, которыя, въ свою очередь, взаимно параллельны. Такіе полисинтетическіе двойники часто наблюдаются.

Для уясненія периклиноваго закона, мы прежде опредѣляемъ положеніе ромбическаго сѣченія въ асимметрическомъ кристаллѣ; какъ извѣстно, въ ромбѣ діагонали взаимно перпендикулярны, въ комбинаціи моносимметрической призмы (110), напр., съ основнымъ пинакоидомъ (001) каждая плоскость, проходящая чрезъ орто-ось и пересѣкающая грани призмы, удовлетворяетъ условію ромбическаго сѣченія, такъ какъ орто съ перпендикулярна плоскости симметріи моносимметрическихъ формъ. Въ формѣ, принадлежащей системѣ асимметрической,



Фиг. 425.

но, по наружному виду и по положенію граней, соответствующей призмѣ системы моносимметрической, то есть въ формѣ, составленной изъ комбинаціи гемипризмы правой и лѣвой, $\infty P'$ (110) и ∞P (110), съ основнымъ пинакоидомъ (001), можно провести черезъ макро-ось bb' (фиг. 425) только



Фиг. 426.

одно сѣченіе br $b'r'$, діагонали котораго rr' и bb' взаимно перпендикулярны.

Возьмемъ три оси формы асимметрической системы (фиг. 426) oa , ob , oc , углы между ними $\alpha = 94^\circ 5'$, $\beta = 116^\circ 27'$, $\gamma = 88^\circ 7'$ (такіе углы наблюдаются у альбита); пусть нѣкоторая линія первоначально совпадаетъ съ oa , будемъ поворачивать ее такъ около оси ob , чтобъ она подвигалась изъ первоначальнаго положенія къ oc по направленію, указанному стрѣлкою, не выходя изъ плоскости aoc , — наступаетъ моментъ, когда эта линія совпадаетъ съ or , перпендикулярною ob . Если ob — макро-ось, oa — брахи-ось, oc — вертикальная ось, то or и ob совпадаютъ

съ діагоналями ромбическаго свѣченія. Въ двойникахъ по периклиновому закону плоскость сростанія совпадаетъ съ ромбическимъ свѣченіемъ, двойниковая ось совпадаетъ съ макро-осью: первоначально два кристалла взаимно параллельны, и расположены одинаково относительно общей макро-оси (фиг. 418), потомъ одинъ кристаллъ поворачивается на 180° около макро-оси (линіи MNM), какъ оси вращенія, затѣмъ оба кристалла сростаются, соприкасаясь въ ромбическомъ свѣченіи.

Миметизмъ кристалловъ.

Разсматривая примѣры двойниковаго сростанія кристалловъ, мы наблюдали случаи, когда двойники обладаютъ большею степенью симметріи, нежели каждое недѣлимое, входящее въ составъ этого двойника. Такъ, въ кристаллахъ, принадлежащихъ къ геміэдриі пирамидальной квадратной системы, существуетъ лишь одна плоскость симметріи, она совпадаетъ съ основнымъ свѣченіемъ системы, между тѣмъ, въ двойникахъ, образованныхъ этими кристаллами по призмѣ 2-го рода, мы наблюдаемъ новую плоскость симметріи, параллельную двойниковой плоскости. совпадающей здѣсь съ плоскостью сростанія кристалловъ.

Въ ромбоэдрическомъ отдѣленіи гексагональной системы существуютъ три плоскости симметріи, которыя у ромбоэдра проходятъ чрезъ вершинныя его ребра перпендикулярно гранямъ,—у скаленоэдра онѣ проходятъ чрезъ вершинныя ребра, по положенію соотвѣтствующія діагоналямъ граней ромбоэдра, направленнымъ сверху внизъ, и вершиннымъ его ребрамъ. Въ двойникахъ кристалловъ ромбоэдрическаго отдѣленія, образованныхъ по основному пинакoidу, опредѣляется еще одна плоскость симметріи, она параллельна основному свѣченію системы: такимъ образомъ получаютъ образованія, обладающія четырьмя плоскостями симметріи; на изображеніяхъ этихъ двойниковыхъ образованій, приведенныхъ выше, замѣчаются входящіе углы, но могутъ быть случаи, когда оба недѣлимыхъ укорачиваются или вростають одно въ другое до полного исчезанія этихъ угловъ, при этомъ получается форма, которая производитъ впечатлѣніе простаго, не двойниковаго кристалла, обладающаго четырьмя плоскостями симметріи.

Изучая тройники ромбической системы, мы видимъ, что чѣмъ болѣе уголъ ромбической призмы приближается къ 120° (соотвѣтственно 60°), тѣмъ болѣе тройникъ, представленный на фиг. 400, становится похожъ на кристаллъ гексагональной системы: цѣльность впечатлѣнія уменьшается, благодаря присутствію въ тройникѣ входящаго угла, размѣры котораго могутъ быть сведены условіями образованія кристалловъ до *minutit'a*. Въ тройникахъ проростанія входящіе углы часто совсѣмъ заполняются, тройникъ принимаетъ видъ настолько близкій гексагональ-

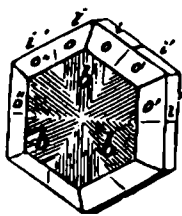
ной формѣ, что по наружности эта форма не отличается отъ гексагональнаго кристалла. Въ исторіи науки извѣстны многочисленныя примѣры, какъ формы, которыя прежде были относимы къ высшимъ степенямъ симметріи, въ связи съ усовершенствованіемъ методовъ изслѣдованія, оказывались двойниковыми образованіями кристалловъ, принадлежащихъ къ высшимъ степенямъ симметріи.

Рѣшающее значеніе въ изслѣдованіяхъ такихъ кристаллическихъ формъ имѣютъ ихъ оптическія свойства, изученіе которыхъ не входитъ въ общій курсъ кристаллографіи. Французскій ученый Мальяръ (Mallard) разсматривалъ эти явленія, какъ частные случаи *миметизма* кристалловъ; по его мнѣнію, существуетъ большое количество кристаллизованныхъ тѣлъ, у которыхъ наблюдается стремленіе къ образованію кристаллическихъ формъ высшей степени симметріи закономерною группировкою недѣлимыхъ, обладающихъ нисшею степенью симметріи — эта высшая степень кристаллографической симметріи и оказывается присущею данному веществу, представляя болѣе постоянный его признакъ.

Мы приведемъ здѣсь нѣсколько примѣровъ миметизма кристалловъ.

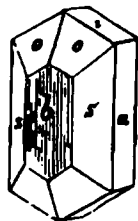
Фиг. 406 представляетъ кристаллъ сѣрно калиевой-соли (K_2SO_4), мы имѣемъ: $p = \infty P \{110\}$, $o = P \{111\}$, $b = \infty P \infty \{010\}$, $q = P \infty \{011\}$, $q' = 2P \infty \{021\}$ при чемъ уголъ между гранями призмы $p:p$ близокъ къ 120° .

На фиг. 405 въ планѣ представлено тройниковое срастаніе подобныхъ кристалловъ, очевидно, только небольшіе входящіе углы между призматическими гранями $p':p'$ двухъ смежныхъ недѣлимыхъ (напр. I



Фиг. 428.

и II) нѣсколько нарушаютъ гексагональный характеръ этого образованія, если-же углы заростають, то получается впечатлѣніе кристалла гексагональной системы, къ которой прежде и относили кристаллы сѣрнокалиевой соли.



Фиг. 427.

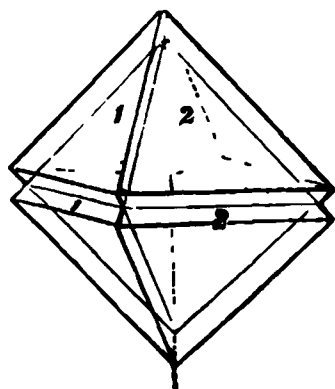
Фиг. 427 представляетъ простой кристаллъ ромбической системы минерала александрита ($BeO \cdot Al_2O_3$): $o = P \{111\}$, $i = P \infty, \{011\}$, $a = \infty P \infty \{010\}$, $s = \infty P 2 \{120\}$, $b = \infty P \infty \{100\}$; на плоскости макропинакоида $\{100\}$ наблюдаются штрихи, параллельные комбинаціонному ребру $b:s$.

Фиг. 428 представляетъ тройникъ, образованный недѣлимыми александрита; такъ какъ углы между гранями брахи-домы $i:i = 119^\circ 46'$, тройникъ имѣетъ видъ комбинаціи формъ гексагональной системы, гдѣ $ii \ i'i''$ можно разсматривать, какъ призму, bbb — какъ основной пинакоидъ, только штриховка на этой плоскости, представляющая три направленія, соотвѣтственно тремъ недѣлимымъ, которыя срастаются, указывать на то, что мы имѣемъ здѣсь тройникъ проростанія по плоско-

сти i ; условія образованія тройника могутъ быть таковы, что опредѣленіе истинной величины угла, образованнаго смежными гранями, сопровождается затрудненіями вслѣдствіе несовершенства граней, и мы не можемъ съ увѣрностью отличить величину угла i отъ 120° .

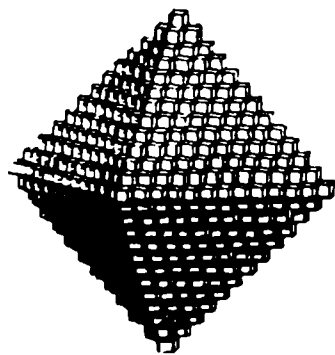
Несовершенства въ образованіи кристалловъ.

Какъ мы видѣли, въ случаѣ двойниковаго срастанія двухъ недѣлимыхъ, оба эти недѣлимые характеризуются взаимною *непараллельностью*, при чемъ эта непараллельность подчинена двойниковому закону. Не рѣдки случаи срастанія кристалловъ въ положеніи взаимной параллельности, при чемъ кристаллографическія оси и грани одного наименованія у обоихъ недѣлимыхъ являются между собою параллельными. Такъ, два октаэдра кубической системы (напр., кристаллы магнитнаго желѣзняка Fe_3O_4) не рѣдко срастаются, оставаясь совершенно параллельны одинъ другому (фиг. 429): очевидно, у обоихъ недѣлимыхъ вертикальныя оси совпадаютъ, другія оси взаимно параллельны, также взаимно параллельны соотвѣтственные грани 1 и 1, 2 и 2 и пр. у обоихъ кристалловъ.



Фиг. 429 b.

Иногда большое число кристаллическихъ недѣлимыхъ, весьма малыхъ размѣровъ, срастаются въ положеніи взаимно параллельномъ и образуютъ кристаллъ, форма котораго можетъ отличаться отъ формы кристалликовъ, его составляющихъ. На фиг. 430 представленъ кристаллъ плавленнаго шпата (CaF_2 , фтористый кальцій), составленный маленькими кубами: грани этого октаэдра, очевидно, не ровны и не блестящи, такъ какъ кубики, образующіе октаэдръ, имѣютъ конечные размѣры, — чѣмъ крупнѣе отдѣльные кубики, тѣмъ рѣзче выражается ступенчатость на граняхъ этого октаэдра, что видно и на рисункѣ; при очень малыхъ размѣрахъ составляющихъ кубиковъ, на большомъ октаэдрѣ наблюдаются *матовыя* грани.



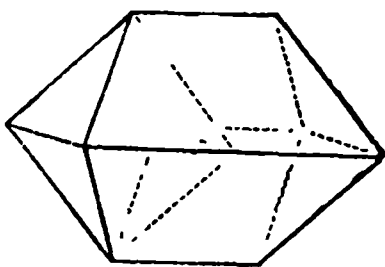
Фиг. 430.

Матовыя и неровныя грани кристалловъ представляютъ одинъ изъ видовъ ихъ несовершенства.

Основнымъ началомъ науки о кристаллахъ является *законъ постоянства граничныхъ угловъ кристалла*: такимъ образомъ двѣ плоскости, ограничивающія кристаллъ поваренной соли, должны всегда пересѣкаться

подъ угломъ въ 90° ; двѣ плоскости, ограничивающія призму кварца (SiO_2 —кристаллическій кремнеземъ), должны всегда пересѣкаться подъ угломъ, равнымъ 120° ; двѣ плоскости, ограничивающія октаэдрический кристаллъ магнитнаго желѣзняка, должны всегда пересѣкаться подъ угломъ $109^\circ 28' 16'' \cdot 4$; двѣ грани въ основномъ ромбоэдрѣ кальцита всегда пересѣкаются подъ угломъ $105^\circ 5'$. Согласно этому, мы приписываемъ кристалламъ поваренной соли кубическую форму, кристалламъ кварца—форму гексагональную и проч. Условія кристалло-образованія обыкновенно складываются такимъ образомъ, что, получивъ кристаллъ какого-нибудь вещества для изслѣдованія и опредѣливъ съ необходимою степенью точности величину его угловъ, мы должны, опираясь на величину угловъ, представить идеальную кристаллографическую форму, къ которой относится данный естественный кристаллъ, если отвлечься отъ неизбѣжныхъ несовершенствъ его образованія.

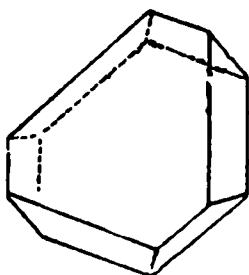
Въ самомъ дѣлѣ, фиг. 44 представляетъ идеальный октаэдръ кубической системы, у котораго двугранные углы должны равняться



Фиг. 431.

$109^\circ 28' 16'' \cdot 4$: таково свойство октаэдра, обладающаго тремя равными между собою, прямоугольными кристаллографическими осями. Въ частномъ случаѣ, мы находимъ такіе октаэдры между кристаллами магнитнаго желѣзняка, но между ними не рѣдки формы инаго характера: фиг. 431 изображаетъ также кристаллъ магнитнаго желѣзняка, величина

двугранныхъ угловъ его тождественна съ предыдущею, но, очевидно, по внѣшности этотъ кристаллъ отличается отъ октаэдра—онъ получается, если правильно развитый октаэдръ кубической системы будетъ вытянутъ



Фиг. 432.

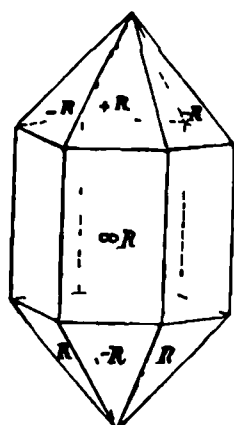
по направленію одной изъ ромбическихъ осей его; очевидно, каждой плоскости этого неправильно развитаго октаэдра мы находимъ соотвѣтственно параллельную, такъ что, по числу граней, по ихъ относительному положенію, по величинѣ двугранныхъ угловъ этотъ октаэдръ совпадаетъ съ нормальнымъ, онъ отличается неравномѣрнымъ развитіемъ въ одномъ направленіи. Фиг. 432 представляетъ октаэдръ

еще болѣе нарушенный: въ нормальномъ октаэдрѣ всѣ грани равны, въ предыдущемъ случаѣ мы имѣемъ лишь по четыре равныя между собою плоскости, въ данномъ случаѣ, мы имѣемъ попеременно равныя плоскости—октаэдръ сильно сжатъ по тригональной оси—но углы между гранями строго равны угламъ нормальнаго октаэдра кубической системы.

Если разсматривать эти кристаллы по наружному виду, то второй изъ нихъ можно привести къ ромбическому типу, третій — къ ромбо-

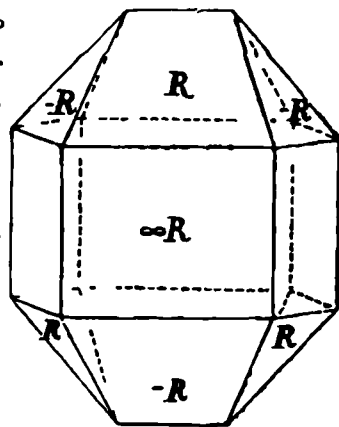
эдрическому; съ другой стороны, измѣривъ углы этихъ кристалловъ и обращая вниманіе на параллельность ихъ граней, мы можемъ построить, на основаніи этихъ данныхъ, только нормальный октаэдръ кубической системы, если исключить въ этихъ двухъ кристаллахъ все случайное, объясняемое условіями кристаллообразованія.

Такъ-же точно мы, вмѣсто геометрически правильныхъ кубовъ, встрѣчаемъ въ природѣ тѣла, ограниченные шестью плоскостями, которыя пересѣкаются подъ прямыми углами, но вытянуты по направляющей одной оси, или-же двухъ, взаимно-перпендикулярныхъ, образуя квадратные столбики или таблицы.



Фиг. 433.

Кварцъ часто встрѣчается въ видѣ кристалловъ, представляющихъ комбинацію гексагональной призмы 1-го рода ∞R съ ромбоэдрами положительнымъ R и отрицательнымъ $-R$, одинаково развитыми, такъ что они пополняются взаимно до полногранной пирамиды; получается форма, изображенная на чертежѣ (фиг. 433); на фиг.



Фиг. 434.

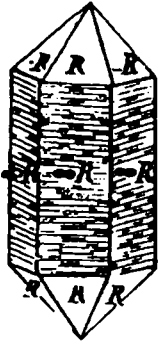
434 изображена та-же комбинація, но кристаллъ вытянутъ по одной изъ боковыхъ осей призмы, вслѣдствіе чего получается форма, напоминающая комбинацію слѣдующихъ формъ ромбической системы: $\infty P (110)$, $\infty P \infty (100)$, $P \infty (101)$, $P (111)$; но, если мы измѣримъ углы, то увидимъ, что всѣ двугранные углы вертикальной зоны равны 120° , всѣ углы, соотвѣтствующие кажущейся комбинаціи ромбической пирамиды съ макро-домомъ, равны между собою и равны соотвѣтствующимъ ребрамъ гексагональной пирамиды и т. д. Мы заключаемъ поэтому, что рассматриваемая форма принадлежитъ къ гексагональной системѣ. Такие примѣры показываютъ, что главное значеніе въ характеристикѣ кристалловъ имѣютъ двугранные углы.

Грани кристалловъ, въ нормальномъ развитіи гладкія и блестящія, часто не удовлетворяютъ этому условію нормальнаго развитія кристалловъ. Мы уже говорили о ступенчатыхъ и матовыхъ граняхъ, кромѣ того, грани бывають покрыты штрихами, обыкновенно параллельными комбинаціоннымъ ребрамъ формы, къ которой принадлежитъ рассматриваемая грань, съ другою формою, существующею на этомъ кристаллѣ или кристаллографически возможною.

Напр., рассматривая комбинацію пентагональнаго додекаэдра съ кубомъ (фиг. 114) въ кристаллахъ пирита (сѣрный колчеданъ FeS_2), мы наблюдаемъ на граняхъ куба штрихи, параллельные комбинаціоннымъ ребрамъ этихъ формъ. Въ частныхъ случаяхъ встрѣчаются кристаллы

пирита въ видѣ простыхъ кубовъ — на граняхъ этихъ кубовъ наблюдается ясно выраженная штриховка въ направленіяхъ, параллельныхъ комбинаціоннымъ ребрамъ куба съ пентагональнымъ додекаэдромъ, еслибъ эта форма здѣсь присутствовала

Плоскости призмы въ объясненныхъ выше комбинаціяхъ кварца бывають покрыты тонкою штриховкою, параллельною комбинаціоннымъ ребрамъ призмы съ ромбоэдрами (фиг. 435); въ подобныхъ же комбинаціяхъ, но съ гранями тригональныхъ трапецоэдра и пирамиды (фиг. 283), эти послѣднія бывають иштрихованы параллельно комбинаціоннымъ ребрамъ съ соотвѣтствующими плоскостями призмы.



Фиг. 435.

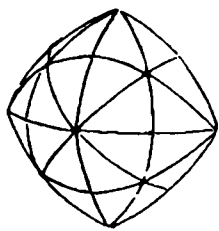
Иногда плоскости кристалла, вообще гладкія и блестящія, обнаруживаютъ углубленія, которые можно назвать естественными фигурами развѣданія, форма ихъ имѣетъ соотношеніе съ кристаллическою формою вещества: на граняхъ ромбоэдровъ кварца встрѣчаются углубленія, очертанія которыхъ криволинейны, но, по общему виду, напоминають соотвѣтствующія очертанія граней ромбоэдровъ; на призматическихъ кристаллахъ берилла (фиг. 232) можно наблюдать углубленія, вытянутыя параллельно главной оси и очертаніемъ напоминающія грани призмы въ комбинаціи съ пинакондомъ и пирамидою (сравн. фиг. 121 стр. 55).

Правильность реберъ, образованныхъ двумя большими гранями, положеніе которыхъ постоянно для даннаго кристалла, бываетъ иногда нарушена присутствіемъ узкихъ плоскостей, которые появляются у самаго ребра — плоскости эти называются впаинальными, онѣ носятъ обыкновенно характеръ случайный и положеніе ихъ выражается сложными параметрами или индексами: таковы, напр., впаинальные плоскости между гранями призмы и пинаконда у адуляра (прозрачная разность калиеваго полеваго шлата, см. стр. 208).

Иногда несовершенство образованія кристалла выражается болѣе существенно, такъ какъ при этомъ нарушается основной признакъ кристалла, величина его угловъ; объясняется оно тѣмъ обстоятельствомъ, что кристаллъ не всегда развивается при правильномъ отложеніи составляющаго его вещества около граней ранѣе образовавшагося кристалла: небольшой кубикъ, который выдѣлился въ растворѣ, при постепенномъ развитіи его элементовъ, превратился бы въ кубъ большихъ размѣровъ; въ частныхъ случаяхъ возможно образованіе куба изъ эле-

ментарныхъ кубиковъ, которые располагаются параллельно одинъ другому, такимъ образомъ, мы рассматриваемъ кристаллъ, какъ агрегацію меньшихъ кристалловъ, расположенныхъ во взаимно параллельномъ положеніи — при этомъ, очевидно, величина угловъ сборнаго кристалла остается нормальною, такъ какъ всѣ элементарные кристаллы взаимно параллельны.

Возможны, однако, отклоненія отъ такого параллелизма въ расположеніи элементарныхъ кристалловъ по условіямъ ихъ образованія. Допустимъ, что группа элементарныхъ кристалловъ становится въ положеніе слегка наклонное по отношенію къ другой группѣ элементарныхъ кристалловъ; сростаясь при образованіи сборнаго кристалла, напр. куба, эти не параллельныя взаимно группы элементарныхъ недѣлимыхъ, расположенныхъ въ каждой группѣ параллельно одинъ другому, обуславливаютъ то явленіе, что грани этого куба представляются какъ-бы надломленными и приподнятыми — это явленіе наблюдается, напр., на кубахъ плавиковога шпата (CaF_2 , — сравн. стр. 213), оказывается, что каждая грань такого куба распадается на четыре треугольныя площадки, раздѣляемыя діагоналями грани; площадки эти приподняты и напоминаютъ соотвѣтствующія пирамиды куба пирамидальнаго: очевидно, углы этого куба не могутъ равняться 90° , такъ какъ двѣ смежныя площадки, встрѣчаясь въ ребрѣ кристалла, образуютъ уголъ болѣе 90° .



Фиг. 436.

Иногда грани и ребра кристалла бываютъ закруглены, что наблюдается на алмазѣ, гдѣ, напр., всѣ грани 48 гравника, равномерно развито, представляются выпуклыми, а ихъ комбинаціонныя ребра закругленными (фиг. 436).

Какъ извѣстно, кристаллъ образуется въ тѣхъ случаяхъ, когда частицы вещества, его образующаго, переходятъ изъ состоянія удобоподвижнаго въ состояніе неподвижнаго равновѣсія. Мы ограничимся здѣсь лишь нѣкоторыми примѣрами выдѣленія вещества, способнаго принимать кристаллическую форму, изъ растворовъ. Возьмемъ растворъ какой-нибудь соли въ водѣ и предоставимъ затѣмъ водѣ испаряться по возможности при постоянной температурѣ. По мѣрѣ испаренія воды, на стѣнкахъ сосуда, заключающаго растворъ, выдѣляются кристаллы соли; если мы хотимъ получать кристаллы, развитые, по возможности, правильно, мы должны отобрать ихъ и повѣсить на тонкихъ нитяхъ среди раствора, чтобъ ничто не препятствовало росту кристалловъ, въ противномъ случаѣ, стѣнки сосуда препятствовали бы ихъ всестороннему развитію, — кромѣ того, кристаллы, осаждающіяся на стѣнки и на выдѣлившіеся ранѣе кристаллы, нарастаютъ одинъ на другой и срастаются одинъ съ другимъ — такимъ образомъ получаютъ сростки и *друзы* (die Druse

щетка) кристалловъ, *друзою* называется агрегація кристалловъ, сросшихся въ непараллельномъ положеніи нижними концами на нѣкоторой поверхности.

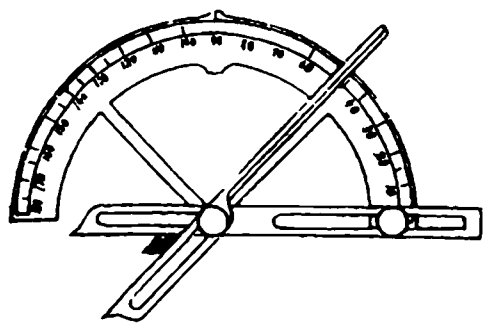
Совершенно сходные случаи наблюдаются въ природѣ, напр., при кристаллизаціи вещества въ полужидкой глиня, на днѣ соленыхъ озеръ, получаютъ хорошо образованные кристаллы—это, очевидно, соотвѣтствуетъ росту кристалла, повѣшеннаго на тонкой нити въ растворѣ при постоянной температурѣ. Если растворъ поступаетъ въ пустоту среди горной породы, то, при испареніи растворителя, напр., кристаллы садятся на стѣнкахъ пустоты, образуя друзовидныя агрегаціи—таково, между прочимъ, происхожденіе «кристаллическихъ погребовъ» въ Швейцарскихъ Альпахъ.

Иногда кристаллы группируются въ сростки шаровидной формы; при изученіи такого сростка, мы различаемъ въ немъ кристаллическія недѣлимые, которыя, располагаясь радіально около общаго центра, при своемъ развитіи даютъ одно на другое и взаимно деформируются. Напр., рочбодры или скаленоэдры известкового шпата образуютъ шаровидныя стяженія, сходясь вершинами къ общему центру и проч.

Подробное изученіе уклоненій въ правильномъ развитіи кристалловъ не можетъ входить въ «общій курсъ кристаллографіи».

Измѣреніе кристалловъ.

Для измѣренія двугранныхъ угловъ у кристалловъ употребляются приборы, называемые *гоніометрами*, независимо отъ принципа, по-



Фиг. 437.

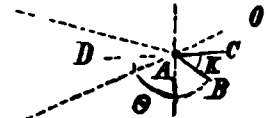
ложеннаго въ устройство каждого такого прибора. Всѣ гоніометры можно раздѣлить на два типа: а) гоніометры прикасательные и б) гоніометры отражательные.

Изъ прикасательныхъ гоніометровъ чаще всего до сихъ поръ примѣняется приборъ Каранжѣ, построенный этимъ механикомъ еще въ 1783 году; несмотря на простоту устройства гоніометра Ка-

ранжѣ, современники послѣдняго, Ромео-де-Лиль и Гаюи, пользуясь имъ для изученія формъ кристалловъ, положили основанія кристаллографіи, какъ наукѣ. Гоніометръ Каранжѣ имѣетъ слѣдующее устройство (фиг. 437), металлическая полуокружность раздѣлена на градусы и половины градусовъ, снизу помѣщена линейка параллельно линіи, соединяющей дѣленія полуокружности 0° и 180° , другая линейка вращается около

стержня, совпадающаго съ центромъ круга, которому соответствуетъ полукружность.

При измѣреніи двуграннаго угла, кристаллъ помѣщаютъ такъ, чтобы ребро угла было перпендикулярно полукружности и линейкамъ: и линейки плотно прикасались къ гранямъ; при этомъ подвижная линейка указываетъ на дѣленіяхъ величину угла, которая опредѣляется въ градусахъ и полуградусахъ. Точность прибора во многихъ изслѣдованіяхъ представляется недостаточною, сверхъ того, обыкновенно, мелкіе кристаллы бываютъ лучше образованы, нежели крупныя, между тѣмъ измѣрять углы на мелкихъ кристаллахъ гониометромъ Каранжò удается лишь при особомъ искусствѣ наблюдателя, да и вообще употребленіе его требуетъ большого навыка. Въ настоящее время гониометръ Каранжò употребляется для измѣренія двугранныхъ угловъ кристалловъ лишь въ тѣхъ случаяхъ, когда для этой цѣли нельзя примѣнить болѣе точныя и болѣе удобныя приемы.



Фиг. 438.

Другіе приборы, основанные на томъ-же принципѣ, имѣютъ устройство болѣе сложное, но точность ихъ не велика.

Вульстенъ первый предложилъ (въ 1809 году) гониометръ, устроенный на принципѣ отраженія свѣта отъ плоскихъ зеркалъ: это начало легло въ основу устройства *отражательныхъ гониометровъ*.

Пусть AC и AB (фиг. 438) двѣ блестящія грани кристалла, образующія уголъ CAB : s —ясно видимый предметъ, напр., небольшой бумажный прямоугольникъ, наклеенный на оконномъ стеклѣ, s' —такой-же прямоугольникъ, помѣщенный внизу: эти предметы въ данномъ случаѣ называются сигналами; въ O —глазъ наблюдателя.

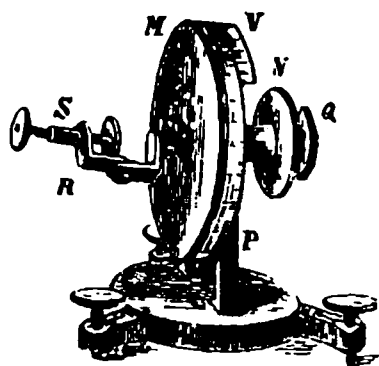
При нѣкоторомъ навыкѣ можно расположить кристаллъ такимъ образомъ относительно сигналовъ s и s' и глаза наблюдателя, направленнаго на ребро кристалла въ A , что изображеніе сигнала s , отраженнаго отъ грани, совпадаетъ въ глазѣ съ сигналомъ s' , видимымъ непосредственно—этого достигаютъ, располагая глаза такъ, чтобы нижняя половина зрачка была направлена на грань кристалла и воспринимала отраженіе отъ нея сигнала s , а верхняя половина зрачка черезъ ребро угла направлена на сигналъ s' .

При неподвижномъ положеніи глаза, удастся фиксировать положеніе грани AC , слѣдовательно, и продолженіе ея AD .

Удерживая глазъ въ постоянномъ положеніи, вращаемъ кристаллъ около ребра A , какъ около оси, до тѣхъ поръ, пока грань AB будетъ

совпадать съ направлениемъ AD ; какъ только произойдетъ это совпаденіе, въ глазѣ наблюдателя изображеніе сигнала z покрываетъ видимый непосредственно сигналъ z . Если опредѣлить уголъ BAD , который описываетъ сторона AB до совпаденія съ AD , напр., $= \Theta$, то величина двуграннаго угла CAB равняется $180^\circ - \Theta$.

Въ простѣйшемъ видѣ идея эта осуществляется слѣдующимъ образомъ: укрѣпленъ стативъ на круглой доскѣ, чрезъ которую проходятъ три винта, служащіе для установки прибора (фиг. 439); существенную часть статива составляетъ цилиндрическая муфта, которая на рисункѣ не видна, такъ какъ ее закрываетъ лимбъ M ; въ муфтѣ свободно вращается цилиндръ помощью круглой рукоятки N ; къ этому цилиндру прикрѣпленъ лимбъ M , раздѣленный на градусы и полуграды и снаб-

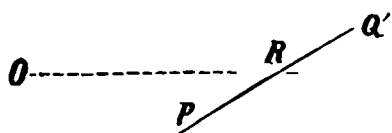


Фиг. 439.

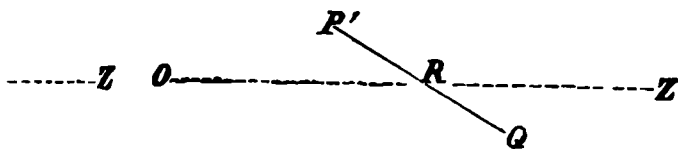
женный ноніусомъ V , помощью котораго производятся отсчеты до 1° . Цилиндръ съ рукояткою и лимбомъ внутри просверлены насквозь такъ, что въ немъ безъ тренія, но плотно, вращается стержень, снабженный круглою рукояткою Q и приводимый ею въ движеніе; съ противоположнаго конца къ этому стержню присоединена система рычаговъ, представляющая *кристаллоносецъ*: колѣнчатый рычагъ R вращается около соотвѣтствующаго ему винта, чрезъ трубочку

S , присоединенную къ рычагу R , проходитъ стержень съ круглою пластинкою, къ которой воскомъ приклеивается кристаллъ. Помощью особенной задержки, которая на рисункѣ не видна, лимбъ устанавливается такъ, что 0° или 180° его дѣленій совпадаютъ съ 0 ноніуса; кристаллъ приклеивается такъ, чтобъ, примѣрно, на глазъ, ребро измѣряемаго двуграннаго угла совпадало съ продолженіемъ оси вращенія лимба, что легко сдѣлать, пользуясь подвижностью частей кристаллоносца; затѣмъ приступаютъ къ точной установкѣ кристалла, идеаломъ такой установки является совпаденіе ребра измѣряемаго угла съ осью вращенія лимба—тогда кристаллъ *центрированъ* и *юстированъ*. Юстировкой ребра кристалла называется приведеніе его въ положеніе *параллельное оси вращенія лимба*, а центрировкой называется совмѣщеніе его съ *продолженіемъ оси* вращенія лимба; очевидно, одна центрировка недостаточна для точнаго измѣренія двуграннаго угла, такъ какъ ребро, ему соотвѣтствующее, можетъ совпадать съ продолженіемъ оси вращенія лимба только въ одной точкѣ и, при вращеніи кристалла, независимаго отъ лимба, помощью рукоятки Q и соотвѣтствующаго ей стержня. оно будетъ подниматься и опускаться, не сходя съ этою точкою съ продолженія оси вращенія лимба, и описывая при этомъ коническую поверх-

ность: пусть (фиг. 440) OZ направление оси вращения гониометра и продолжения ея, PQ ребро двугранного угла, центрированного но не юстированного, — при повороте лимба на 180° , PQ принимает положение $P'Q'$ (фиг. 441), но съ оси вращения не сходится, пересекая ея, какъ и раньше, въ точкѣ R . Для юстировки кристаллъ помѣщается такъ, чтобъ, при поворотахъ лимба, отъ обѣихъ граней измѣряемаго угла были видны изображения сигнала s въ одинаковомъ положеніи, и направленія длинныхъ

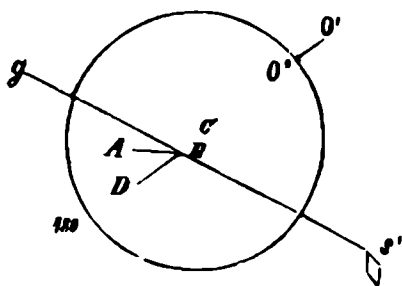


Фиг. 440.

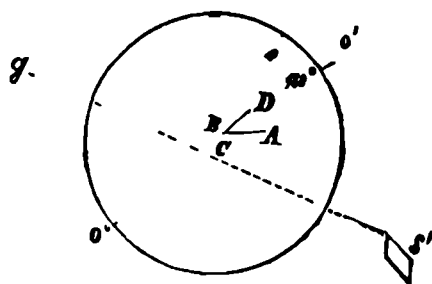


Фиг. 441.

сторонъ этого прямоугольника, при отраженіи его отъ граней кристалла, представлялись перпендикулярными лимбу и параллельными длиннымъ сторонамъ прямоугольника s . Когда ребро юстировано, то есть, параллельно оси вращения лимба, нужно приступить къ его центрированію, то есть, къ возможно полному совыщенію его съ продолженіемъ этой оси вращения: прежде всего мы помѣщаемъ глазъ g (фиг. 442а) такимъ



Фиг. 442 а.

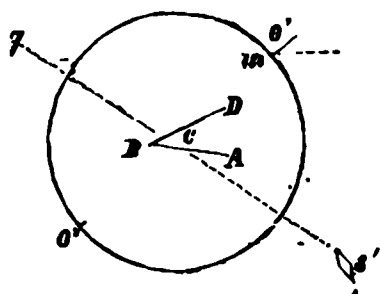


Фиг. 442 в.

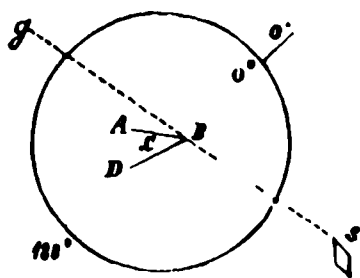
образомъ. чтобъ ребро двугранного угла B совпадало въ глазѣ съ видимымъ непосредственно длиннымъ краемъ сигнала s' ; затѣмъ, помощью стержня и рукоятки N , кристаллъ поворачивается на 180° .

При этомъ возможны два случая: 1) ребро кристалла вышло изъ поля зрѣнія, и глазъ наблюдателя прямо видитъ длинную сторону сигнала s , такъ какъ ребро находится выше луча зрѣнія глаза все время направленнаго на сигналъ—это значитъ, что ребро измѣряемаго угла было поставлено *ниже* оси вращения лимба и кристаллъ слѣдуетъ по-двинуть выше (фиг. 442b); 2) при повороте лимба на 180° , кристаллъ закрываетъ верхнюю сторону сигнала,—значитъ ребро измѣряемаго угла было поставлено *выше* оси вращения лимба, и кристаллъ слѣдуетъ по-двинуть ниже, приведя предварительно лимбъ въ прежнее положеніе, то-есть, повернувъ назадъ на 180° (фиг. 443 а и в). Поворачивая лимбъ и поремѣщая кристаллъ нѣсколько разъ, мы достигаемъ достаточно правильной установки кристалла, и приступаемъ къ измѣренію угловъ. Для этого мы устанавливаемъ лимбъ неподвижно на 0° , при-

ближаемъ глазъ къ самому кристаллу и осторожно поворачиваемъ плоскость AC кристалла (фиг. 438 и 439) помощью рукоятки и стержня N на малые углы вверхъ и внизъ до тѣхъ поръ, пока отраженное отъ этой плоскости изображеніе сигнала s будетъ совпадать въ нашемъ глазѣ съ сигналомъ s' , видимымъ непосредственно; тогда, удерживая глазъ въ прежнемъ положеніи, помощью рукоятки Q вращаемъ лимбъ гониометра, съ заключеннымъ въ немъ стержнемъ N и прикрепленнымъ къ нему



Фиг. 443 а.



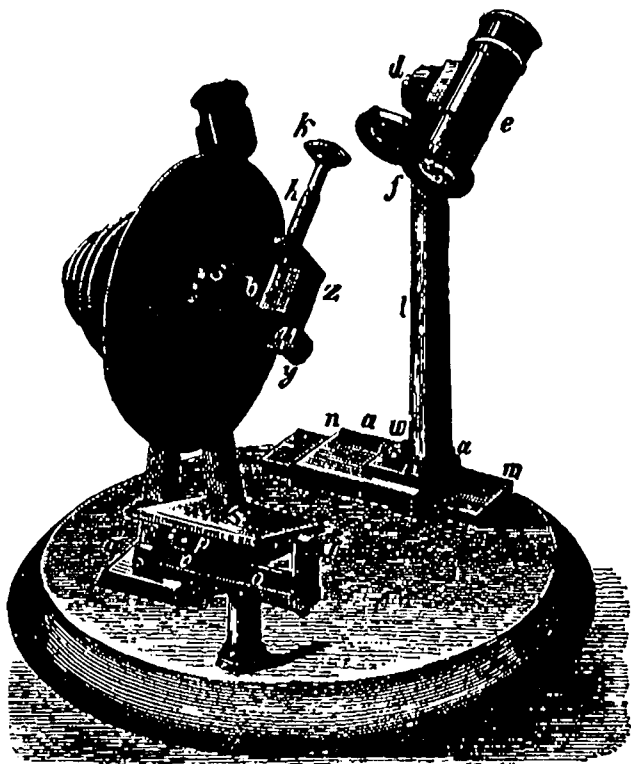
Фиг. 443 б.

кристаллоносцемъ до тѣхъ поръ, пока плоскость AB совпадетъ съ AD , что соотвѣтствуетъ новому совпаденію сигналовъ въ нашемъ глазѣ. Величина двуграннаго угла BAD опредѣляется отсчетомъ на лимбѣ помощью нониуса.

Въ настоящее время гониометры, построенные по принципу Вульстена, значительно усовершенствованы, но основная идея его осталась неприкосновенною. Мы постараемся дать понятіе о томъ, въ какомъ направленіи возможны улучшенія при устройствѣ этихъ приборовъ.

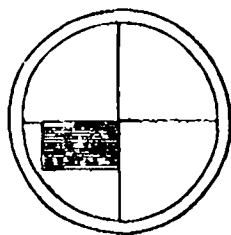
Мы видѣли, что, при измѣреніи угловъ кристалла, глазъ наблюдателя неизмѣнно занимаетъ одно положеніе; для того, чтобъ это выдерживалось съ необходимою строгостью, помѣщаютъ предъ кристаллоносцемъ зрительную трубу, которая свободно вращается параллельно плоскости лимба, будучи укрѣплена соотвѣтствующимъ образомъ въ подставкѣ. Въ фокусѣ трубы натянуты двѣ нити взаимно перпендикулярныя, точка пересѣченія ихъ совпадаетъ съ осью трубы; надѣвая на предметное стекло трубы мѣдную оправу съ оптическимъ стекломъ, мы пользуемся трубою, какъ микроскопомъ со слабымъ увеличеніемъ. И такъ, мы имѣемъ гониометръ (фиг. 444) со зрительною трубою e ; стекло f —можетъ быть надвинуто на предметное стекло трубы, при этомъ зрительная труба f превращается въ микроскопъ, помощью котораго мы разсматриваемъ кристаллъ, помѣщенный на кристаллоносцѣ; если ребро кристалла центрировано, оно не сходитъ съ горизонтальной нити зрительной трубы, натянутой въ ея фокусѣ, при поворотахъ лимба съ кристаллоносцемъ и кристалломъ. Отодвигая стекло f въ сторону, какъ показано на рисункѣ, мы опять получаемъ зрительную трубу, которою можемъ пользоваться для разсматриванія, напр., сигнала s , наклееннаго

на оконномъ стеклѣ; поставивъ гониометръ предъ окномъ, на которомъ наклеенъ сигналъ, и повертывая трубу кверху, мы ясно видимъ въ ней изображеніе сигнала, бумажнаго прямоугольника *z*—онъ наклеенъ такъ, чтобъ въ полѣ зрѣнія трубы длинная сторона сигнала совпадала съ горизонтальною нитью, короткая сторона съ вертикальною нитью (фиг. 445). Если затѣмъ мы повернемъ трубу внизъ и помѣстимъ кристаллъ такъ, чтобъ лучъ свѣта, падающій отъ сигнала на грань кристалла, отражался отъ нея въ зрительную трубу, то, на основаніи извѣстнаго физическаго построенія, изображеніе сигнала *z*, отраженное отъ грани будетъ представляться намъ за этою гранью на такомъ разстояніи, на какомъ самъ кристаллъ находится предъ гониометромъ, и если труба



Фиг. 444.

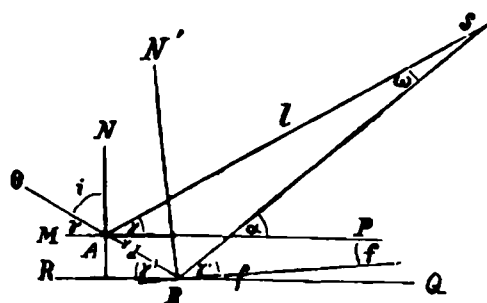
поставлена на ясное видѣніе сигнала *z*, наклееннаго на окно, мы увидимъ съ такою же ясностью изображеніе его за кристалломъ. Здѣсь довольствуются однимъ сигналомъ, помѣщеннымъ внѣ гониометра, *S*, другимъ сигналомъ представляются нити въ трубѣ. Въ самомъ дѣлѣ, пусть, при данномъ положеніи одной изъ граней, образующихъ уголъ кристалла, относительно сигнала *z* и зрительной трубы *e*, въ этой послѣдней сигналъ наблюдается такъ, какъ это показано на рисункѣ (фиг. 445); повертывая лимбъ съ кристаллоносителемъ и кристалломъ, мы выведемъ грань кристалла изъ того положенія, которое она занимала, и сигналъ *z* исчезаетъ изъ поля зрѣнія трубы; когда, при послѣдующемъ поворотѣ лимба *p* съ нимъ кристалла, положеніе прежней грани займетъ другая, вмѣстѣ съ предыдущею, образующая данный уголъ кристалла, мы увидимъ снова изображеніе сигнала въ полѣ зрѣнія трубы и совмѣстимъ края его съ нитями. Для возможно полнаго юстированія ребра, соответствующаго измѣряемому углу, мы должны поправлять положеніе кристалла, пока отраженія сигнала *z* отъ обѣхъ граней угла будутъ параллельны горизонтальной нити въ трубѣ—для соответствующихъ перемѣщеній кристалла въ кристалло-



Фиг. 445.

носкѣ дѣлаются приспособленія, мы скажемъ подробнѣе о нихъ въ своемъ мѣстѣ. При малѣйшей неуровненности въ юстировкѣ ребра измѣряемаго угла, то есть, при малѣйшемъ уклоненіи его отъ положенія перпендикулярнаго лимбу, изображение сигнала въ трубѣ располагается косо относительно нитей. Чтобы пользоваться этимъ гониометромъ, нужно научиться провѣркѣ положенія трубы относительно лимба, также, необходимо установить сигналъ опредѣленнымъ образомъ относительно трубы: установивъ трубу, при помощи соотвѣтствующихъ винтовъ, такъ, чтобы ось ея были параллельна лимбу, и горизонтальная нить въ глазѣ наблюдателя покрывала продолженіе оси вращенія лимба. Выше было объяснено, какъ провѣряется юстированіе кристалла, — центрировка здѣсь провѣряется также легко: ребро, хорошо центрированное, при всѣхъ поворотахъ кристалла, помощью лимба, не сходитъ въ нашемъ глазѣ съ горизонтальной нити трубы ¹⁾.

Ошибка отъ децентрированія кристалла, впрочемъ, можетъ быть доведена до *minimū*. Пусть (фиг. 446), при постоянномъ положеніи



[Фиг. 446.

глаза въ *O* и при опредѣленномъ положеніи грани кристалла *A*, мы наблюдаемъ отраженіе сигнала *s* отъ этой грани. Поворачивая затѣмъ лимбъ съ кристаллоносителемъ для того, чтобы наблюдать такое же отраженіе отъ другой грани *B*, того же угла, мы, вслѣдствіе децентрировки ребра, образованнаго этими гранями, должны поставить ее

въ положеніе не параллельное грани *A*, чтобы, при постоянномъ положеніи глаза *O* и сигнала въ *S*, увидѣть вновь изображение сигнала. Уголъ *f* показываетъ разницу между положеніемъ грани въ *B* и направлениемъ, соотвѣтствующимъ положенію грани въ *A* — этимъ выражается ошибка наблюденія отъ децентрировки ребра. Очевидно, нужно найти условія, при которыхъ величина *f* должна быть наименьшая.

¹⁾ Очевидно, часть свѣта, отраженнаго отъ грани кристалла и направляющагося въ трубу *e*, поглощается веществомъ стеколъ трубы; въ частныхъ случаяхъ, когда грани не вполне блестящи, отраженный отъ нихъ свѣтъ настолько ослабѣваетъ, при прохожденіи черезъ стекла трубы, что изображение сигнала *s* представляется весьма неяснымъ. Въ такихъ случаяхъ кристаллъ устанавливается при помощи трубы, какъ указано выше; затѣмъ трубу, вмѣстѣ со стативомъ *dlw* (фиг. 444) отвинчиваютъ отъ подставки *pat* и мѣряютъ уголъ такъ, какъ на гониометрѣ безъ трубы. Въ небольшомъ зеркалѣ *zpr*, поставленномъ перпендикулярно лимбу *g* на подставкѣ *ov*, отражается сигналъ *s*, — мы пользуемся этимъ отраженіемъ, какъ вторымъ сигналомъ *s'* (см. фиг. 438).

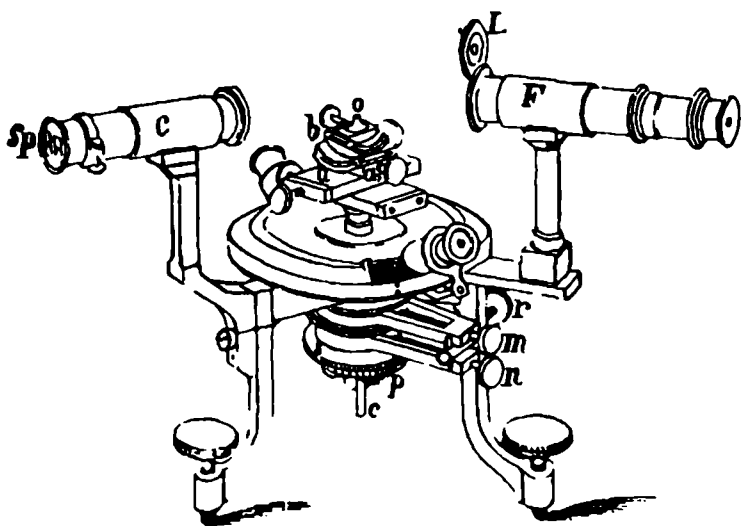
Въ кристаллоносцѣ гониометра безъ трубы (фиг. 439) мы имѣемъ всѣ части, соотвѣтствующія здѣсь частямъ *k*, *h*, *s*, *b*, *y* — но, кромѣ того, здѣсь помощью рельсовъ *S* кристаллоносецъ передвигается параллельно лимбу.

Изъ чертежа видно, что $\alpha = \omega + \gamma$ и $\alpha = \gamma' + f$; но $\gamma' = \gamma + f$, слѣдовательно, $\alpha = 2f + \gamma$, и $\omega + \gamma = 2f + \gamma$, то есть $\omega = 2f$; это значитъ, что величина ошибки измѣряется $\frac{\omega}{2}$. Съ другой стороны, ясно, что, при постоянной, для даннаго положенія кристалла, величинѣ децентрировки, $d = AB$ можно разсматривать, какъ величину постоянную, а $l = AS$, разстояніе между кристалломъ и сигналомъ, можно увеличивать, и уменьшать, перемѣщая гониометръ. Въ треугольникъ ABS , при постоянной величинѣ $AB = d$, и при увеличеніи l (если передвигать гониометръ), уголъ ω постепенно уменьшается, слѣдовательно уменьшается $f = \frac{\omega}{2}$. Отношеніе между ω , l и d выражается какъ $\omega = \frac{d}{l} 2 \sin i$, или $f = \frac{d}{l} \sin i$; пусть, въ частномъ случаѣ, величина децентрировки равняется $\frac{1}{2}$ миллиметра, l — разстояніе отъ гониометра до сигнала равняется 10 метрамъ, i — уголъ, который образуетъ ось трубы съ перпендикуляромъ къ грани кристалла, равенъ 60° ; подставляя эти значенія въ выраженіе $f = \frac{d}{l} \sin i$, мы имѣемъ $f = \frac{0.5 \text{ м.м.}}{10 \text{ м.}} \sin 60^\circ = \frac{0.5 \text{ м.м.}}{10.000 \text{ м.м.}} \sin 60^\circ$. Очевидно, величина угла f очень мала, и мы можемъ замѣнить соответствующую дугу ея синусомъ: $\sin f = \frac{0.5}{10.000} \sin 60^\circ$, отсюда имѣемъ $\log \sin f = (\log 0.5 + \log \sin 60^\circ) - \log 10.000 = 5.636500$ и $f = 0^\circ 0' 9''$ то есть, при децентрировкѣ въ $\frac{1}{2}$ миллиметра и при разстояніи гониометра отъ сигнала въ 10 метровъ, ошибка при измѣреніи угла кристалла опредѣляется 9 секундами. Допуская децентрировку въ 1 миллиметръ и помѣстивъ гониометръ на 5 метровъ отъ сигнала, то есть, поставивъ гониометръ, въ отношеніи точности измѣренія, въ условія весьма неблагоприятныя и легко устранимыя на практикѣ, мы получимъ при $i = 60^\circ$, $\sin f = 6.2385606$ и $f = 0^\circ 0' 36''$ — ошибка увеличивается въ четыре раза, при увеличеніи децентрировки вдвое и при уменьшеніи разстоянія отъ гониометра до сигнала также вдвое. Увеличивая разстояніе l и уменьшая децентрировку d , можно, очевидно, уменьшать величину ошибки измѣренія кристалла, вслѣдствіе его децентрировки.

Стремясь къ возможному устраненію ошибокъ, при измѣреніи угловъ кристалловъ, вслѣдствіе неправильной ихъ установки, Бабинъ построилъ гониометръ, къ описанію котораго мы приступимъ.

Въ гониометрѣ системы Бабинъ лимбъ расположенъ горизонтально (фиг. 147), этимъ достигается большая устойчивость измѣряемаго кристалла, который стоитъ на кристаллоносцѣ, а не виситъ, какъ это бываетъ у гониометровъ съ вертикальнымъ лимбомъ. Кристаллоносецъ въ гониометрѣ Бабинъ представляетъ систему подвижныхъ частей, снабжен-

ныхъ микрометрическими винтами, такіе кристаллоносцы иногда бываютъ и у обыкновенныхъ гониометровъ, такъ какъ они даютъ возможность управлять передвиженіями кристалла, при его установкѣ, безъ боязни



Фиг. 447.

отломить кристаллъ отъ кристаллоносца неловкимъ движеніемъ руки. Здѣсь на стержнѣ *c*, который проходитъ чрезъ центръ лимба и можетъ быть вращаемъ, независимо отъ лимба, рукояткою *p*, находятся двѣ взаимно перпендикулярныя системы салазокъ *a*; нижнія салазки, будучи приводимы въ движеніе имъ соотвѣтствующимъ микрометрическимъ винтомъ,

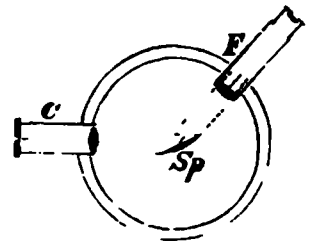
перевѣщаютъ верхнія салазки, напр., къ наблюдателю и отъ наблюдателя.

Къ верхнимъ салазкамъ прикрѣплены два полуцилиндра *b*, снабженные зубцами, которыми они прикасаются къ нарезкамъ винтовъ съ микрометрическимъ движеніемъ. Оба полуцилиндра взаимно расположены такъ же, какъ нижнія салазки относительно верхнихъ, то есть, движенія ихъ происходятъ въ плоскостяхъ взаимно перпендикулярныхъ: нижній цилиндръ, вращаясь самъ, наклоняетъ верхній цилиндръ, напр., къ наблюдателю и отъ наблюдателя, приводя въ движеніе верхній цилиндръ, мы, тѣмъ самымъ, наклоняемъ стерженецъ *o*, на который приклеивается кристаллъ и который закрѣпляется винтомъ, проходящимъ сбоку полуцилиндра *b*. Зрительная труба *F* имѣетъ здѣсь то же вначеніе, какъ и у гониометра съ вертикальнымъ кругомъ, — надвигая на окуляръ ея стекло *L*, мы получаемъ микроскопъ со слабымъ увеличиваніемъ; значеніе трубы *C* будетъ объяснено ниже.

Для установки кристалла, мы вынимаемъ стерженецъ *o* изъ углубленія въ полуцилиндрѣ *b*, и приклеиваемъ воскомъ къ площадкѣ, на верху стерженька, кристаллъ такъ, чтобъ ребро подлежащаго измѣренію угла было, по возможности, въ срединѣ площадки и ей перпендикулярно. Если труба *F* заранѣе центрирована, то есть, ось ея, при продолженіи, пересѣкаетъ ось вращенія гониометра, то, когда мы помѣстимъ *o*, съ приклееннымъ кристалломъ, на прежнее мѣсто, ребро измѣряемаго угла, при разсматриваніи его въ трубу со стекломъ *L*, будетъ весьма близко къ совпаденію въ полѣ зрѣнія трубы съ вертикальною нитью, тамъ натянутою

(срав. выше). При установкѣ кристалла въ гониометръ Вульстена намъ необходимо было, удерживая глазъ въ неподвижномъ положеніи, передвигать непосредственно рукою приклеенный воскомъ къ кристаллоносцу кристаллъ, для юстировки и центрировки его. Здѣсь задача значительно упрощается: 1) зрительная труба F , превращенная надвиганіемъ стекла L въ микроскопъ со слабымъ увеличеніемъ, можетъ оставаться все время неподвижною, а для глаза это очень затруднительно; 2) *центрировка* ребра измѣряемаго угла помощью салазокъ a , которыми кристаллъ *перемѣщается* на весьма малыя и на большія разстоянія въ двухъ плоскостяхъ взаимно перпендикулярныхъ и перпендикулярныхъ лимбу; 3) *юстировки* ребра производится помощью полуцилиндровъ b , которые даютъ возможность *наклонять* кристаллъ въ плоскостяхъ взаимноперпендикулярныхъ на большій или меньшій уголъ. Установка кристалла производится точно и скоро.

Труба C имѣетъ оптическое стекло на концѣ, направленномъ къ кристаллоносцу, на противоположномъ концѣ она имѣетъ узкую щель (Sp); если передъ щелью поставимъ, напр., керосиновую лампу съ широкою свѣтильною, и трубу F , отодвинувъ отъ объектива ея стекло L , поставимъ противъ C такъ, чтобъ оптическія оси обѣихъ трубъ были на одной линіи, мы увидимъ въ полѣ зрѣнія трубы F яркоосвѣщенную щель Sp , при чемъ она совпадаетъ съ вертикальною нитью тамъ натянутою. Очевидно, если мы расположимъ трубы подъ угломъ, какъ это показано на фиг. 447 и 448, то, если лучъ свѣта, выходя изъ трубы C , падаетъ на зеркальную поверхность грани установленнаго кристалла, отражается отъ нея и попадаетъ въ трубу F , мы увидимъ изображеніе освѣщенной щели Sp . На чертежѣ видно, что лучи, выходящіе изъ трубы C , между собою параллельны, слѣдовательно, мы можемъ разсматривать сигналъ Sp , какъ находящійся на безконечномъ разстояніи — такія трубы, часто примѣняемыя въ оптическихъ изслѣдованіяхъ, называются *коллиматорами* — вслѣдствіе примѣненія въ гониометръ Бабинѣ коллиматора, ошибка отъ децентрировки кристалла сводится къ нулю.



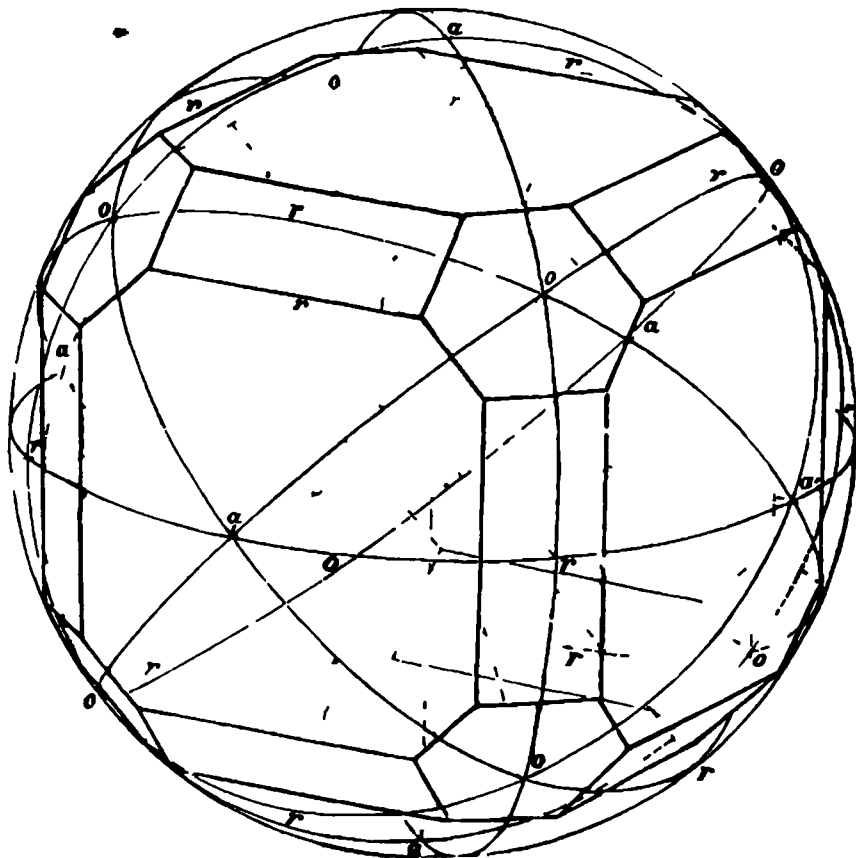
Фиг. 448.

Гониометръ Бабинѣ даетъ возможность производить измѣренія угловъ кристалла въ темномъ помѣщеніи; соответствующимъ подборомъ стеколъ въ трубѣ F мы можемъ такъ сильно сконцентрировать свѣтъ, отраженный отъ граней кристалла, что является возможность получать сигналы въ достаточной степени ясные отъ плоскостей несовершенно развитыхъ и, при обыкновенныхъ условіяхъ, мало блестящихъ. Гониометръ Митчерлиха отличается отъ гониометра Бабинѣ вертикальнымъ положеніемъ лимба и нѣкоторыми второстепенными особенностями.

Сферическая проэкція кристалловъ.

Всѣ формы, которыя мы разсматривали, были изображены въ видѣ перспективныхъ чертежей, вообще употребляемыхъ для изображенія тѣлъ въ плоскости. Но уже изъ тѣхъ немногихъ случаевъ болѣе подробнаго изученія кристалловъ, когда намъ приходилось обращать вниманіе на взаимное отношеніе элементовъ ограниченія формы, на опредѣленіе положенія граней въ зонахъ, на степень симметріи и проч., перспективное изображеніе кристалловъ являлось недостаточнымъ для яснаго ихъ представленія. Въ самомъ дѣлѣ, если мы будемъ, напр., сравнивать въ перспективныхъ чертежахъ кубъ, комбинацію квадратной призмы и основнаго пинакоида, комбинацію трехъ пинакоидовъ, системы ромбической, моносимметрической и асимметрической, во всѣхъ этихъ случаяхъ различіе системъ въ значительной степени условно, потому что въ этихъ формахъ, изображенныхъ въ перспективѣ, мы не имѣемъ представленія о положеніи прямыхъ угловъ, объ истинномъ соотношеніи длины реберъ и проч.; чтобы нагляднѣе представить особенности даннаго кристалла, ихъ стараются особенно выразить, вслѣдствіе чего получается такое соотношеніе между кристаллографическими элементами, какое на самомъ дѣлѣ не существуетъ: напр., мы вынуждены преувеличивать разницу въ относительной величинѣ плоскихъ угловъ и реберъ кристалла, чтобъ отмѣтить его ассиметрію. Въ виду этого, въ научныхъ статьяхъ и сочиненіяхъ по кристаллографіи, охотно замѣняютъ перспективные чертежи кристалловъ изображеніемъ соотношенія ихъ граней въ *сферической проэкціи*. Если сравнивать перспективное изображеніе кристаллографической формы съ ея сферическою проэкціею, то мы увидимъ между ними такое же соотношеніе, какое, напр., существуетъ между художественнымъ изображеніемъ мѣстности и ея планомъ или картою. Положимъ, мы имѣемъ комбинацію куба, ромбическаго додекаэдра и октаэдра (фиг. 35, см. также фиг. 63); для представленія этой формы въ сферической проэкціи, мы помѣщаемъ мысленно кристаллъ внутри шара такъ, чтобъ центръ кристалла совпалъ съ центромъ шара, мысленно опускаемъ перпендикуляры изъ центра шара и кристалла на всѣ его грани и продолжаемъ до встрѣчи съ поверхностью шара (фиг. 449), отмѣчая затѣмъ мѣста этой встрѣчи точками. Мы видимъ, что эти точки располагаются на большихъ кругахъ шара такъ, что экваторъ опредѣляется точками, соотвѣтствующими средней, вертикальной зонѣ—*a* кубъ, *r* ромбическій додекаэдръ, *a'* кубъ и т. д.; точки, соотвѣтствующія верхней и нижней гранямъ куба, совпадаютъ съ полюсами этого экватора, назовемъ ихъ, по сравненію съ такими же обозначеніями на глобусѣ, сѣвернымъ и южнымъ; двѣ горизонтальныя зоны, образованныя соотвѣтствующими гранями

куба и ромбического додекаэдра, опредѣляются двумя меридианами, плоскости которыхъ взаимно перпендикулярны, а мѣста пересѣченія ихъ съ кругомъ экватора опредѣляются точками a , соответствующими четыремъ гранямъ куба, образующимъ его вертикальную зону; разсма-



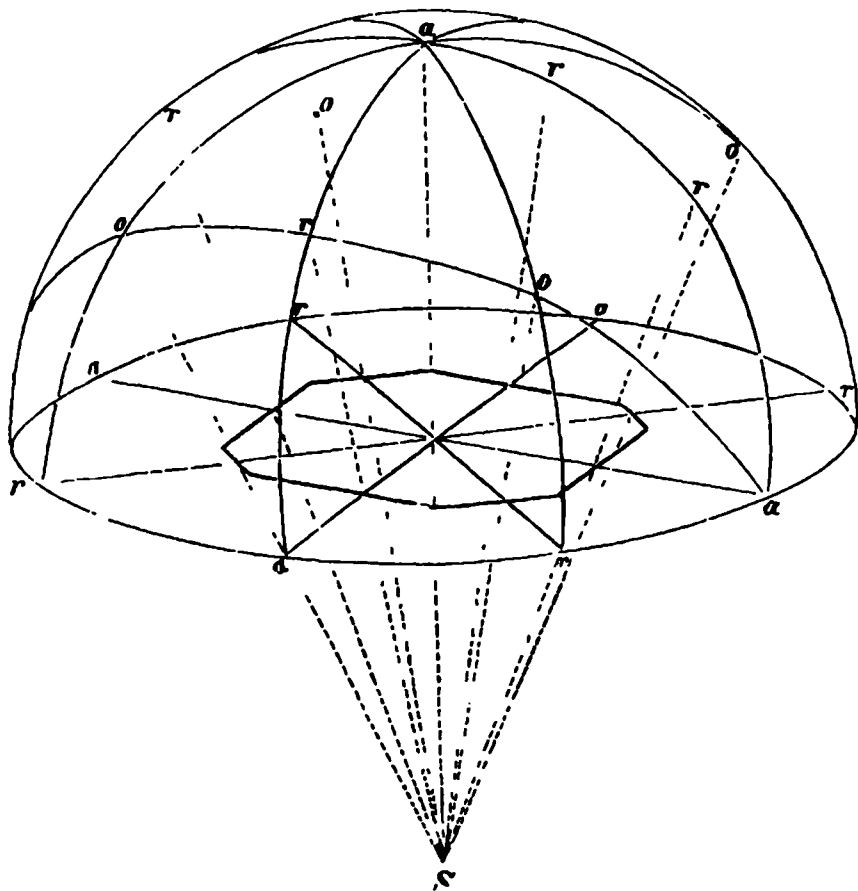
Фиг. 449.

тривая грани ромбического додекаэдра, расположенныя также въ вертикальной зонѣ. мы видимъ, что имъ на экваторѣ соответствуютъ точки r , которыя дѣлятъ пополамъ углы между отмѣченными выше меридианами, въ одной зонѣ съ гранями этихъ додекаэдровъ и верхнею гранью куба лежатъ плоскости октаэдра o , точки, соответствующія этимъ октаэдрамъ, лежатъ между полюсомъ и экваторомъ, на меридианѣ, проходящемъ чрезъ точку r на экваторѣ

Такимъ образомъ, на поверхности сферы получаютъ точки, соответствующія гранямъ разсматриваемой комбинаціи; мы ясно представляемъ себѣ взаимное положеіе граней, такъ какъ каждая зона на поверхности пара выражается большимъ кругомъ, ниже мы увидимъ, что дуги между двумя точками, соответствующими двумъ гранямъ, измѣняются дополненіемъ до 180° угла, образованнаго этими гранями. Наклоненные большіе круги, соответствующіе гранямъ куба (a), октаэдра (o) и ромбического додекаэдра (r), очевидно, находятся въ такомъ отно-

шеніи къ меридіанамъ ($a r a$), въ какомъ находятся большіе круги ($a o r$) къ экватору.

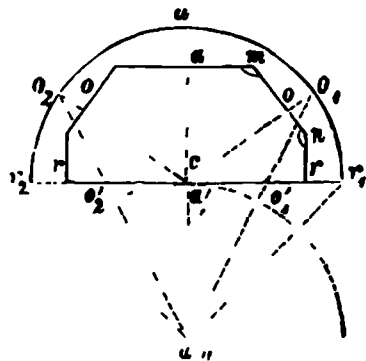
Опредѣливъ взаимное положеніе точекъ, соотвѣствующихъ гранямъ кристалла, на сферѣ, мы рѣшили только половину задачи—намъ нужно перенести эти точки на бумагу съ соблюденіемъ взаимнаго ихъ отношенія. Мы можемъ ограничиться здѣсь лишь верхнею половиною сферы, такъ какъ, вслѣдствіе симметричности кристалла, изучивъ его половину, мы будемъ имѣть понятіе о всей формѣ. На фиг. 450 изво-



Фиг. 450.

бражена верхняя половина шара съ точками, опредѣляющими взаимное положеніе граней кристалла; продолжимъ линію, соединяющую центръ сферы съ верхнимъ полюсомъ. внизъ на такое же разстояніе до точки S , соотвѣствующей нижнему полюсу сферы; совмѣстимъ плоскость бумаги съ экваторомъ и будемъ соединять мысленно всѣ точки, расположенныя на поверхности сферы, съ нижнимъ ея полюсомъ S прямыми линіями такъ, чтобъ онѣ пересѣкали при этомъ въ соотвѣствующихъ точкахъ плоскость бумаги, совпадающей съ экваторомъ. Точки, соотвѣствующія четыремъ вертикальнымъ гранямъ куба, должны занимать положенія a и a на двухъ взаимно перпендикулярныхъ діаметрахъ экватора; точки, соотвѣствующія четыремъ вертикальнымъ гранямъ ромби-

ческаго додекаэдра r, r, r, r , должны находиться на томъ же кругѣ, раздѣляя при этомъ пополамъ дуги a, a , соответствующія двумъ смежнымъ гранямъ куба. Очевидно, всѣ меридіаны выражаются на бумагѣ прямыми линиями, пересѣкающимися въ центрѣ экватора. Для того, чтобъ понять, какъ должны проектироваться на бумагѣ точки, расположенныя въ меридіанѣ и соответствующія гранямъ кристалла, расположеннымъ въ зонѣ, перпендикулярной плоскости меридіана, мы выдѣлимъ такой меридіанъ изъ сферы проэкцій и совмѣстимъ его съ плоскостью бумаги (фиг. 451): здѣсь представлено пересѣченіе плоскостей, образующихъ зону, которой соответствуетъ данный меридіанъ — a плоскости куба, r и r плоскости ромбическаго додекаэдра, o и o плоскости октаэдра (сравн. фиг. 449), экваторъ проектируется на бумагѣ въ видѣ прямой линіи r_1, r_2 . Опуская изъ центра сферы c перпендикуляры на грани и продолжая ихъ до поверхности ея, мы получаемъ точки r_1, o_1, a_1, o_2, r_2 — проэкціи граней кристалла на сферѣ.



Фиг. 451.

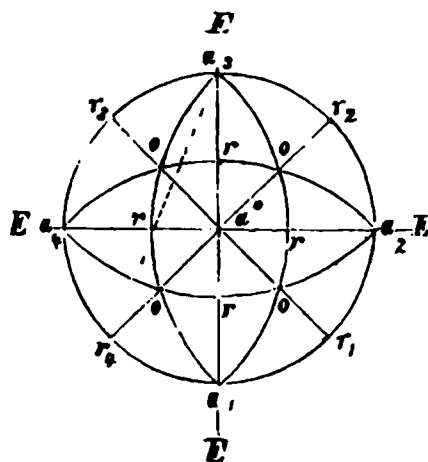
Допустимъ, что нашъ глазъ помѣщенъ въ a_1 и бумага r_1, r_2 прозрачна, такъ что изъ a_1 видны точки r_1, o_1, a_1, o_2, r_2 ; обозначая пунктиромъ лучи зрѣнія, а мѣста ихъ пересѣченія съ бумагою точками, мы получаемъ проэкціи граней на бумагѣ въ видѣ точекъ $r_1, o'_1, a'_1, o'_2, r_2$ — разстоянія $r_1, o'_1, o'_1, a'_1, o'_2, o'_2, r_2$ находятся въ опредѣленномъ соотношеніи съ величиною угловъ, образованныхъ гранями кристалла между собою. Въ самомъ дѣлѣ, между гранями a и o (куба и октаэдра) мы имѣемъ уголъ a, m, o , — уголъ между a, c и o, c , перпендикулярами къ этимъ гранямъ, измѣряется дугою $a, o_1 = 180^\circ - a, m, o$; грани o и r (октаэдра и ромбическаго додекаэдра) образуютъ уголъ o, n, r , перпендикуляры къ этимъ гранямъ образуютъ уголъ $o_1, c, r_1 = 180 - o, n, r = o_1, r_1$. Слѣдовательно, если мы съ помощью гониометра опредѣлимъ величину двугранныхъ угловъ кристалла, между гранями, образующими зону, то на кругѣ, соответствующемъ этой зонѣ, мы опредѣляемъ положеніе двухъ діаметрально противоположныхъ точекъ r_1 и r_2 , представляющихъ проэкціи двухъ взаимно параллельныхъ граней r и r ; затѣмъ мы откладываемъ на кругѣ дуги равныя дополненіямъ соответствующихъ угловъ до 180° , въ послѣдовательномъ порядкѣ отъ r_1 до r_2 .

Мы можемъ поступить еще проще. Очевидно, если, напр., a_1, c, o_1 центральный уголъ, измѣряемый дугою a, o_1 , то a, a_1, o_1 равняется половинѣ этого центральнаго угла, то есть $a, a_1, o_1 = \frac{a, c, o_1}{2} = o_1, a', c$, слѣдовательно, линія a, o'_1 , разстояніе между проэкціею плоскости куба a въ

точкѣ a' , *) на бумагѣ п проекціею плоскости октаэдра o въ точкѣ o_1' на бумагѣ, представляет собою тангенсъ угла $o_1'a'c = \frac{o_1ca'}{2}$, то есть $co_1' = \operatorname{tg} o_1'a'c = \operatorname{tg} \frac{o_1ca'}{2}$.

Изъ этого видно, что изображеніе кристалла въ сферической проекціи не только даетъ возможность опредѣлить положеніе различныхъ зонъ кристалла, но и положеніе граней въ зонѣ.

При изображеніи кристалла въ сферической проекціи, нѣтъ нужды отмѣчать положеніе его граней на шарѣ точками и затѣмъ переносить ихъ на бумагу, мы можемъ поступать проще, но, для болѣе яснаго представленія, полезно помнить, какъ плоскости кристалла сначала проектируются на шарѣ, а потомъ переводятся на бумагу, и что рядъ точекъ, располагающихся на большомъ кругѣ шара, представляетъ проекціи граней, образующихъ зону. Становясь на такую точку зрѣнія, мы бу-



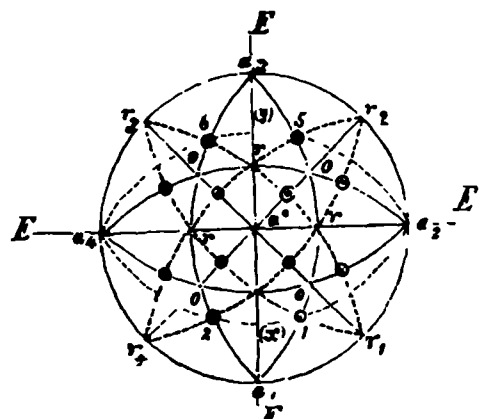
Фиг. 452.

демъ проектировать на бумагѣ комбинацію куба (a), октаэдра (o) и ромбического додекаэдра (r). Пусть (фиг. 452) кругъ проекціи $EEEE$ совпадаетъ съ плоскостью бумаги, надъ нимъ мы представляемъ верхнюю половину кристалла. Положеніе проекцій четырехъ граней куба перпендикулярныхъ плоскости бумаги выражается на кругѣ точками a_1, a_2, a_3, a_4 ; пятая грань, перпендикулярная четыремъ предыдущимъ и параллельная плоскости бумаги, проектируется точкою a° , въ центрѣ круга проекцій. Грани ромбического додекаэдра

симметрично срѣзываютъ ребра куба, онѣ проектируются точками r_1, r_2, r_3, r_4 : очевидно, $a_1r_1 = r_1a_2 = 45^\circ$, слѣдовательно, комбинаціонный уголъ между гранями ромбического додекаэдра и куба равняется $135^\circ = 180^\circ - 45^\circ$. Такимъ образомъ, мы нашли проекціи граней куба и ромбического додекаэдра, образующихъ зону, перпендикулярную плоскости бумаги — если бумага совмѣщена съ экваторомъ сферы проекцій, то, очевидно, перпендикуляры, возстановленные къ этимъ гранямъ изъ центра сферы, лежатъ въ плоскости бумаги, равно и кругъ, на которомъ лежатъ точки пересѣченія этихъ перпендикуляровъ съ поверхностью сферы. Слѣдовательно, мы опредѣлили положеніе большого круга, соответствующаго вертикальной зонѣ комбинаціи. При этомъ опредѣляются еще четыре зоны: очевидно, грани куба a_1, a°, a_3 и грани a_2, a°, a_4 образуютъ, соответственно, двѣ

*) Очевидно точка a' совпадаетъ съ c , центромъ круга проекцій.

зоны, проэкции этихъ граней на шаръ находятся на двухъ большихъ кругахъ, плоскости которыхъ пересѣкаются съ бумагою въ прямыхъ линияхъ $a_1 a^\circ a_3$ и $a_2 a^\circ a_4$. Также точно образуютъ зону двѣ взаимно параллельныя грани ромбическаго додекаэдра r_1 и r_3 (перпендикулярныя бумагѣ) и перпендикулярная имъ грань a° куба (параллельная бумагѣ), проэкции этихъ зонъ $r_1 a^\circ r_3$ и $r_2 a^\circ r_4$ получаютъ въ видѣ прямыхъ линий, образующихъ углы въ 45° съ проэціями зонъ $a_1 a^\circ a_3$ и $a_2 a^\circ a_4$. Мы знаемъ, что въ комбинаціи граней куба, ромбическаго додекаэдра и октаэдра, кромѣ отмѣченныхъ нами зонъ, должны существовать и другія; такъ, между гранями куба a° и a_1 , a° и a_2 , a° и a_3 , a° и a_4 , должны быть расположены грани ромбическаго додекаэдра, такъ, какъ онѣ располагаются между гранями a_1 и a_2 , a_2 и a_3 , a_3 и a_4 . Линіи $a_4 a^\circ a_2$ и $a_1 a^\circ a_3$ представляютъ проэціи зонъ, въ которыхъ лежатъ грани ромбическаго додекаэдра, притупляющія горизонтальныя ребра куба, слѣдовательно, расположенныя между горизонтальною его гранью a° , и вертикальными гранями a_1 , a_2 , a_3 , a_4 . На сферѣ такая зона опредѣляется кругомъ: будетъ поворачивать кругъ, мѣсто пересѣченія котораго съ кругомъ проэцій выражается прямою $a_4 a_2$, около этой линіи, какъ около оси, до тѣхъ поръ, пока всѣ его точки не совпадутъ съ кругомъ проэцій, очевидно, внизу его находится нижній полюсъ круга $EEEE$, вверху — верхній полюсъ; при поворотѣ круга, верхній полюсъ a° совпадаетъ съ a_1 , нижній полюсъ, назовемъ его a_1° , совпадаетъ съ a_3 , проэкции граней ромбическаго додекаэдра, положеніе которыхъ мы хотимъ опредѣлить, совпадаютъ съ проэціями граней ромбическаго додекаэдра r_4 и r_1 . Каждая грань октаэдра, очевидно, принадлежитъ одновременно тремъ зонамъ, образованнымъ гранями октаэдра, куба и ромбическаго додекаэдра: въ сферической проэціи, въ мѣстахъ пересѣченія круговъ, соотвѣствующихъ этимъ зонамъ, получаютъ точки, которыя суть проэціи граней октаэдра, — можно опредѣлить здѣсь и другія соотношенія между этими формами, *единственными* въ системѣ, но, для ясности, мы возьмемъ другой чертежъ (фиг. 453). Здѣсь пунктиромъ болѣе крупнымъ отмѣчено положеніе, зонъ, образованныхъ гранями ромбическаго додекаэдра, напр., $r_1 r r_3$ или $r_4 r r_2$ и т. д.; при этомъ опредѣляется положеніе проэцій такихъ граней, которыя въ разобранной нами комбинаціи не присутствуютъ, но могутъ въ ней присутствовать: мы отмѣтили кружками мѣста пересѣченія зонъ *куба* и *октаэдра*, также зонъ *куба* и *ромбическаго*



Фиг. 453.

додекаэдръ, съ зонами граней *ромбическаго додекаэдра*,—каждый такой кружокъ помѣщается въ одной зонѣ между кубомъ и октаэдромъ, напр., a_2 , o , кромѣ того, въ другой зонѣ, между смежными гранями ромбическаго додекаэдра, напр., r_1 и r . Припоминая комбинаціи формъ кубической системы, разобранныя на первыхъ страницахъ этого курса (напр., фиг. 63 на стр. 36), мы видимъ, что эти кружки должны соотвѣтствовать гранямъ икоситетраэдра $202 \{112\}$. Совершенно также, проводя зону, напр., чрезъ точки a_4 и a_2 и кружки 5 и 6, мы опредѣляемъ, въ точкѣ пересѣченія соотвѣтствующихъ дугъ, проэкцію y , положеніе плоскости, соотвѣтствующей этой точкѣ, опредѣляется непосредственно: по схемѣ Науманна (стр. 33) видно, что грань принадлежитъ пирамидальному кубу $m O \infty$, такъ какъ она расположена въ зонѣ между кубомъ a_2 и ромбическимъ додекаэдромъ r , но она расположена также въ одной зонѣ съ гранями икоситетраэдра $m O m$, гдѣ $m=2$, слѣдовательно грань y , равно и грань x , принадлежитъ пирамидальному кубу $2 O \infty \{120\}$ и т. д.

Посмотримъ, какой плоскости соотвѣтствуетъ точка, въ мѣстѣ пересѣченія дуги r_1 r съ дугою, проведенною чрезъ a_2 и кружокъ 1 (также x и т. д. до a_4): для этого мы пользуемся уравненіемъ зонъ (см. стр. 20, 37 и др.), принимая индексы этой точки равные x , y и z ;

такъ какъ мы имѣемъ r_1 (110) и r (011) , то получаемъ

$$\begin{array}{r|rrrr|r} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ & \times & \times & \times & & \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ \hline (1-0) & (0-1) & (1-0) & & & \end{array}$$

умножая скобки соотвѣтственно на x , y и z , складывая ихъ и приравнивая сумму нулю, мы имѣемъ

$$x(1-0) + y(0-1) + z(1-0) = 0 \text{ и [I] } x - y + z = 0,$$

точно также, для точекъ a_2 (010) и 1 *кружокъ* (211) мы составляемъ уравненіе

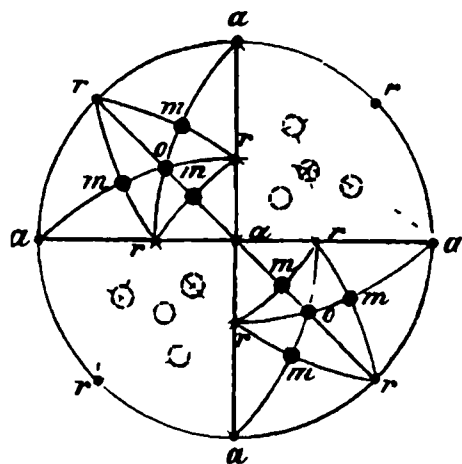
$$\begin{array}{r|rrrr|r} 2 & 1 & 1 & 2 & 1 & 1 \\ & \times & \times & \times & & \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline (0-1) & (0-0) & (2-0) & & & \end{array}$$

отсюда $x(0-1) + y(0-0) + z(2-0) = 0$. и [II] $-x + 2z = 0$ подставляя въ уравненіе [I] значеніе $x = 2z$ изъ уравненія [II], мы получаемъ $2z - y + z = 0$ и $y = 3z$, полагая, затѣмъ, $z = 1$, мы имѣемъ: $x = 2$, $y = 3$, $z = 1$, то есть точкѣ, которую мы опредѣляемъ, соотвѣтствуютъ индексы 2. 3. 1; параметры опредѣляются $\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{1}$, раздѣ-

ливъ эти дроби на наименьшую, получаемъ $\frac{1}{2} : 1 : 3$. Такимъ образомъ, опредѣлилась точка, соответствующая сорокавосемиграннику $30\frac{3}{2}$, {321}. Очевидно, мы можемъ опредѣлять и другіе формы. Возвращаясь къ фиг. 452, мы видимъ, что, при проектированіи *вообще* комбинаціи формъ кубической системы, мы должны сначала отмѣтить, по указанному приему, положеніе точекъ, соответствующихъ гранямъ *единственнымъ* формъ $\infty O \infty \{100\}$, $O \{111\}$ и $\infty O \{110\}$, тогда, согласно схемѣ Науманна, на проэкціяхъ большихъ круговъ, между кубомъ (a) и октаэдромъ (o) располагаются точки, соответствующія икоситетраэдру $mOm \{hhl\}$ между октаэдромъ (o) и ромбическимъ додекаэдромъ располагаются точки, соответствующія пирамидальному октаэдру $On \{kkl\}$; между кубомъ (a) и ромбическимъ додекаэдромъ (r) располагаются точки, соответствующія пирамидальному кубу $mO \infty \{hko\}$; плоскости 48-гранника располагаются внутри сферическихъ треугольниковъ roa , въ частности, какъ мы видѣли, ихъ положеніе опредѣляется точно въ мѣстахъ пересѣченія двухъ зонъ — это относится, конечно, и къ другимъ формамъ, какъ мы имѣли, напр., для икоситетраэдра на фиг. 453, для пирамидальнаго куба (точки x и y).

Мы рассмотримъ геміэдрическую форму кубической системы. изображенную на стр. 49, фиг. 94. Въ сферической проэкціи она представлена на фиг. 454. Сравнивая сферическую проэкцію кристалловъ на фиг. 454 и на фиг. 453, мы видимъ, что на фиг. 454 точки, соответствующія гранямъ октаэдра и икоситетраэдра, o и m встрѣчаются лишь въ половинномъ числѣ, сравнительно съ фиг. 453, что соответствуетъ геміэдрическому характеру комбинаціи, изображенной на фиг. 94, стр. 49: мы имѣемъ въ *правомъ верхнемъ* переднемъ октантѣ тетраэдръ $\frac{O}{2} \{111\}$ и пирамидальный тетраэдръ $\frac{mOm}{2} \{hll\}$,

на фиг. 454 этимъ гранямъ соответствуютъ точки o и m , m , m внизу и справа; грани на фиг. 94, изображенные пунктиромъ, въ лѣвомъ верхнемъ заднемъ октантѣ, на фиг. 454 проектируются вверху и слѣва, какъ будто, мы смотримъ сверху на кристаллъ и отмѣчаемъ его грани точками на кругѣ проэкціи; кружки на фиг. 454 внизу слѣва и вверху справа соответствуютъ гранямъ въ правомъ нижнемъ переднемъ октантѣ на фиг. 94, кружки на фиг. 454 вверху справа соответствуютъ на фиг. 94

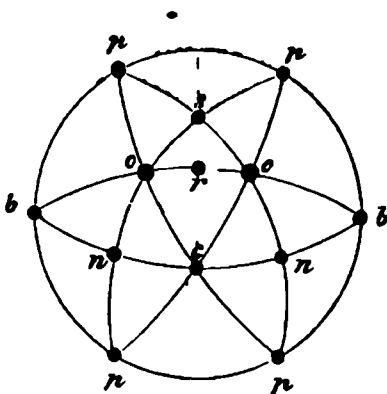


Фиг. 454.

94 гранямъ въ правомъ нижнемъ заднемъ октантѣ—если мы предста-

вимъ, что гексаэдрическая форма, здѣсь разсматриваемая вписана въ шаръ по предыдущему, и изъ центра шара опущены перпендикуляры на грани этой формы, то въ верхнемъ полушаріи на его поверхности мы получимъ точки, обозначенныя буквами o, m, m, m, o, m, m, m на фиг. 454, въ нижнемъ полушаріи опредѣляются точки, отмѣченныя на фиг. 454 пунктирными кружками. Плоскости куба и ромбическаго додекаэдра въ эту комбинацію не входятъ, но онѣ здѣсь кристаллографически возможны, и мы отмѣчаемъ мѣста ихъ проэкцій соответственно точками a и r (сравн. фиг. 452 и 453), такъ какъ онѣ помогаютъ намъ провести зоны и точнѣе опредѣлить положеніе граней другихъ формъ, очевидно здѣсь $m \ O \ m \ \{hll\}$ соответствуетъ $202 \ \{211\}$, какъ было показано раньше; дуги большихъ круговъ въ верхнемъ полушаріи обозначены сплошь дуги въ нижнемъ полушаріи обозначены пунктиромъ.

Фиг. 455 представляетъ сферическую проэкцію комбинаціи формы моносимметрической системы, изображенной на фиг. 346 стр. 183: плоскость проэкцій проходитъ чрезъ центръ кристалла перпендикулярно вертикальной зонѣ,



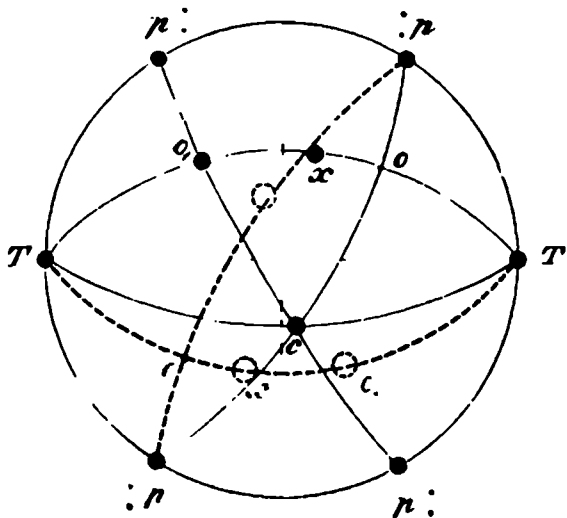
Фиг. 455.

образованной, очевидно, гранями b, p, p и имѣ параллельными, на чертежѣ ихъ не видно, но на кругѣ проэкцій. на фиг. 455, всѣ эти грани проецируются соответствующими точками, причемъ $b \ \{0 \ \bar{1} \ 0\}$ и $b \ \{010\}$ параллельны плоскости симметріи кристалла, направление которой дано на плоскости проэкцій пунктирной линіею s, r, c ; очевидно, c проэкція грани $c \ \{001\}$ на фиг. 346, основной

пинакоидъ c и двѣ грани клинодомы $n \ \{012\}$, $n \ \{0 \ \bar{1} \ 2\}$ вмѣстѣ съ двумя гранями клинопинакоида $b \ \{0 \ \bar{1} \ 0\}$, $b \ \{010\}$, находятся въ одной зонѣ, въ чемъ легко убѣдиться, разсматривая фиг. 346 и фиг. 455 совместно, очевидно, на сферѣ проэкцій кругъ этой зоны наклоненъ къ наблюдателю, такъ какъ грань основнаго пинакоида $c \ \{001\}$ и грани клинодомы $n \ \{012\}$, $n \ \{0 \ \bar{1} \ 2\}$ направлены также къ наблюдателю. Въ верхней части круга проэкцій, на фиг. 455, мы имѣемъ точки o, o, r, s , также p, p ; обращаясь къ изображенію кристалла на фиг. 346, мы легко опредѣляемъ эти точки, какъ проэкціи граней геми-пирамиды $o \ \{\bar{1} \ \bar{1} \ 1\}$ и $\{\bar{1} \ \bar{1} \ 1\}$ параллельныхъ изображенныхъ на чертежѣ гранямъ $o \ \{111\}$ и $o \ \{1\bar{1}\bar{1}\}$ — которыя проектированы на фиг. 455 въ точкахъ o и o , на фиг. 346 не видны, то-же приходится сказать и о граняхъ, проектирующихся въ r и s , при чемъ точкѣ r соответствуетъ грань гемиортодомы $(\bar{1}01)$, точкѣ s соответствуетъ грань геми-ортодомы $(\bar{1}02)$ — такія-же грани, изображенныя на фиг. 346 внизу, можно было бы проецировать пун-

тиромъ, построивъ соотвѣтствующія дуги, но мы этого не дѣлаемъ здѣсь, чтобъ не сдѣлать чертежъ сложнымъ.

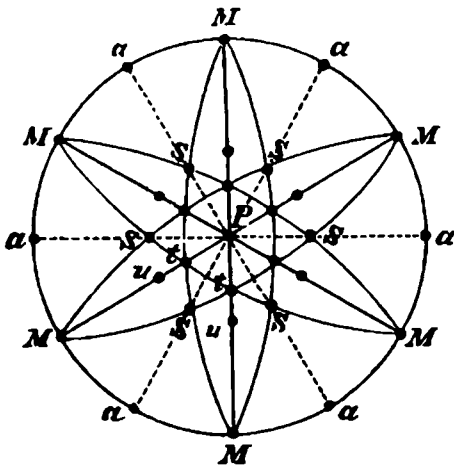
Альбитъ (фиг. 357) можетъ служить удобнымъ примѣромъ для сферической проэкціи формъ асимметрической системы, такъ какъ мы имѣемъ здѣсь форму въ достаточной степени типичную и не сложную, кромѣ того, альбитъ удобенъ для сравненія съ моносимметрическимъ ортоклазомъ, сферическую проэкцію котораго мы только что рассматривали. Плоскость проэкцій мы проведемъ чрезъ центръ кристалла, изображеннаго на фиг. 357, перпендикулярно вертикальной зонѣ, образованной очевидно, гранями двухъ гемипризмъ p' , $\{110\}$, p , $\{1\bar{1}0\}$ и брахипинакоида T $\{010\}$, на фиг. 456 эта зона представлена большимъ кругомъ на которомъ расположены точки, соотвѣтствующія проэкціямъ граней, образующихъ зону, здѣсь мы опредѣляемъ не только тѣ грани, которыя мы видимъ на фиг. 357, но и параллельныя имъ, которыхъ на фиг. 357 мы непосредственно видѣть не можемъ, по условіямъ ея построения. Плоскость симметріи въ кристаллахъ асимметрической системы отсутствуетъ, на фиг. 456 мы пунктиромъ обозначили то мѣсто, гдѣ она



проходила бы. еслибъ альбитъ принадлежалъ къ моносимметрической системѣ, у ортоклаза (фиг. 455) точка c , проэкція основнаго пинакоида находится въ плоскости симметріи, такъ что $cb = 90^\circ$, у альбита, какъ мы видимъ на фиг. 456, аналогичная точка c , проэкція основнаго пинакоида, расположена такъ, что $cb > 90^\circ$; въ верхнемъ полушаріи сферы проэкцій, у альбита, кромѣ основнаго пинакоида c (001) , проецируется грань тетартопирамиды o , $(1\bar{1}1)$, геммакродомы x $(\bar{1}01)$, соотвѣтствующія нижнія грани X и o , которыя мы непосредственно наблюдаемъ на фиг. 357, проецируются въ нижнемъ полушаріи сферы проэкцій, мы обозначаемъ ихъ на фиг. 456 пунктирными кружками x и o . Очевидно опуская изъ центра сферы проэкцій перпендикуляры на грани кристалла альбита, вписаннаго въ эту сферу, мы опредѣляемъ проэкцію с верхней плоскости основнаго пинакоида на сферѣ помощью перпендикуляра, направленного кверху и къ наблюдателю, продолжая эту линію по другую сторону центра сферы проэкцій, книзу и отъ наблюдателя, мы видимъ, что она будетъ перпендикулярна къ нижней плоскости основнаго пинакоида, проэкція котораго опредѣляется, такимъ образомъ, въ ниж-

немъ полушаріи сферы точкою, аналогичною уже отмѣченной нами точкѣ c въ верхнемъ полушаріи, эту нижнюю точку, соответствующую нижней грани основнаго пинакоида, мы отмѣчаемъ на фиг. 456 пунктирнымъ кружкомъ безъ буквы (около точекъ o , и x). Разсматривая совместно чертежъ 357 и чертежъ 456, мы видимъ, что грань верхняго тетраэдопирамиды o , которую на фиг. 357 мы непосредственно не наблюдаемъ, должна находиться одновременно въ зонѣ p' (110), c (001), p' , ($\bar{1}10$) и въ зонѣ T (010), x ($\bar{1}01$) и T ($0\bar{1}0$), къ этой зонѣ въ нижней части кристалла принадлежатъ грани o , ($1\bar{1}1$) и X ($10\bar{1}$), видимая непосредственно, но на сферѣ проэкцій часть большаго круга, имѣющая соответствующая, расположена въ нижнемъ полушаріи и на фиг. 456 мы обозначали ее пунктиромъ. Точки o и o безъ значковъ, едва намѣченные, опредѣляютъ положеніе граней тетраэдопирамиды въ этой комбинаціи не наблюдаемой, но кристаллографически возможной грани эти ($\bar{1}11$) и ($1\bar{1}1$) находятся въ зонѣ T x T и т. д. и зонѣ p ($1\bar{1}0$), c (001), p ($\bar{1}10$), ($00\bar{1}$), что видно при внимательномъ разсмотрѣніи фиг. 357 совместно съ сферическою проэкціею, значеніе которой при этомъ особенно уясняется.

Мы разсмотримъ теперь сферическую проэкцію комбинаціонныхъ формъ гексагональной системы, фиг. 457, ее удобно разсматривать въ связи съ фиг. 230 и 231 на 117 стр.;



Фиг. 457.

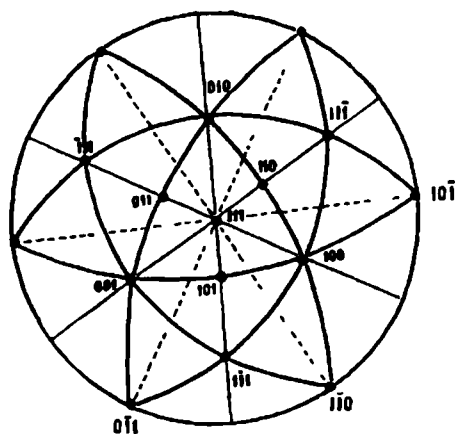
t —основная пирамида 1 го рода, u пирамида болѣе острая 1-го рода, M —призма 1-го рода, точно также, пунктирныя линіи представляютъ проэкціи зонъ, соответствующихъ пирамидамъ и призмамъ 2-го рода. Еслибы мы имѣли въ комбинаціи грани дигексагональной призмы, проэкціи этихъ граней располагались бы между проэкціями граней призмъ 1-го и 2-го рода, въ зависимости отъ значеній n , h и k въ знакахъ призмы $\infty P_n \{h k 0\}$.

Очевидно, что, напр., грани дигексагональной призмы $\infty P \frac{3}{2}$

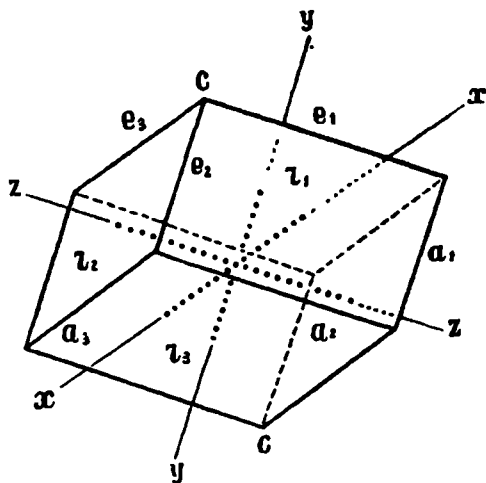
$\{2\ 1\ \bar{3}\ 0\}$ и дигексагональной пирамиды $3P\ \frac{3}{2}\ \{2\ 1\ \bar{3}\ 1\}$ образуют одну зону—сравн. ε на фиг. 232 и грани h и m на фиг. 246, стр. 123, на фиг. 232 отсутствует дигексагональная призма, соответствующая дигексагональной пирамиде ε . Сопоставляя фиг. 231 с фиг. 457, мы видим, что грани Mst образуют зону, можно показать также, что msi также образуют зону.

Выше было сказано (стр. 155), что Миллеръ предложилъ для обозначенія формъ гексагональной системы въ комбинаціяхъ проводить кристаллографическія оси параллельно тремъ вертикальнымъ ребрамъ ромбоэдра и относить къ нимъ всѣ грани формъ, входящихъ въ эту комбинацію. Для того, чтобы яснѣе представить себѣ такое обозначеніе, мы припомнимъ, что въ кубѣ кристаллографическія оси, въ сущности, проведены именно такимъ образомъ. Разсмотримъ комбинацію куба съ октаэдромъ и ромбическимъ додекаэдромъ, (изображенную на фиг. 449, стр. 229), представимъ ее въ сферической проекціи такъ, чтобы плоскость проекціи была параллельна плоскости октаэдра.

Тогда на окружности круга проекцій расположены будутъ проекціи граней ромбическаго додекаэдра, образующихъ при такой постановкѣ кристалла, одну вертикальную зону; въ центрѣ круга проекцій будетъ находиться проекція грани октаэдра, параллельной плоскости этого круга, другія три грани октаэдра, расположенныя въ верхней части кристалла, проектируются въ точкахъ $11\bar{1}$, $\bar{1}11$, $1\bar{1}1$, которыя находятся въ мѣстахъ пересѣченія двухъ круговъ проекціи, (фиг. 458) опредѣляющихъ соответствующія зоны, образованныя гранями куба и ромбическаго доде-



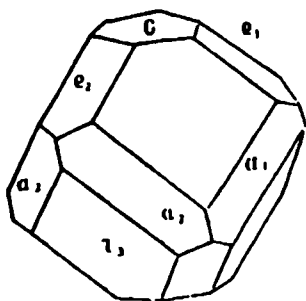
Фиг. 458.



Фиг. 459.

каэдра. Если мы сопоставимъ разобранныю и проектированную нами комбинацію кубической системы съ ромбоэдромъ, (фиг. 459) то увидимъ, что, по положенію, точкѣ c соответствуетъ плоскость октаэдра, обозна-

ченная нами 111, плоскостямъ ромбоэдра $r_1, r_2...$ соответствуютъ плоскости куба (100), (001), ребрамъ $a_1, a_2, a_3...$ соответствуютъ грани ромбического додекаэдра (101), (110), (011)... образующія ту зону, проекція которой совпадаетъ съ кругомъ проекцій; проекціи другихъ граней ромбического додекаэдра располагаются въ (110), (011), (101).. соответственно ребрамъ ромбоэдра $e_1, e_2, e_3...$ такимъ образомъ. если (на фиг. 460)

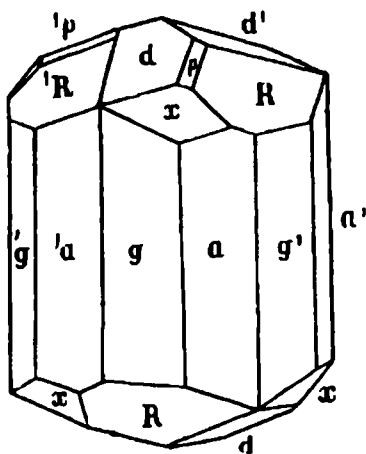


Фиг. 460.

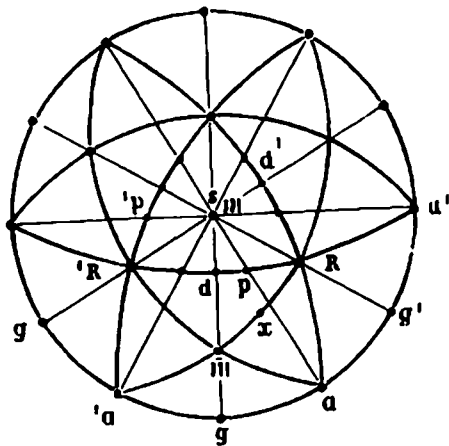
мы имѣемъ комбинацію основного ромбоэдра ($r_1... r_3...$), основного пинакоида (с) первого отрицательнаго ромбоэдра ($e_1, e_2...$), грани котораго, какъ извѣстно, находятся въ одной зонѣ съ гранями основного ромбоэдра, симметрично сръзывая его вершинныя ребра, призмы 2-го рода ($a_1, a_2, a_3...$), грани которой расположены въ одной зонѣ съ гранями основного ромбоэдра, симметрично сръзывая его среднія ребра, то, очевидно, по аналогіи съ разобранною выше комбинаціею кубической системы,

мы можемъ обозначить верхнюю грань основного пинакоида, подобно октаэдру кубической системы, символомъ (111), нижнюю ($\bar{1}\bar{1}\bar{1}$). грани ромбоэдра, послѣдовательно, (100), (010), (001), ($\bar{1}00$), ($0\bar{1}0$), ($00\bar{1}$), въ зависимости отъ ихъ положенія относительно осей координатъ, параллельныхъ вершиннымъ ребрамъ, грани отрицательнаго ромбоэдра e_1 (110), e_2 (101)..., грани призмы 2-го рода a_1 ($10\bar{1}$), a_2 ($\bar{1}10$), a_3 ($0\bar{1}1$)..., такимъ образомъ, если не обращать вниманія на симметрію и величину угловъ, мы, для опредѣленія относительнаго положенія граней формы ромбоэдрическаго отдѣленія гексагональной системы. можемъ пользоваться проекціею формы системы кубической.

Фиг. 461 представляетъ болѣе сложную комбинацію гексагональной системы—это кристаллъ минерала фенакита, онъ отличается отъ подробно разобранныхъ кристалловъ того же минерала на стр 149 глав-



Фиг. 461.



Фиг. 462.

нымъ образомъ развитіемъ зоны призмъ 1-го и 2-го рода; здѣсь, какъ и на стр. 149, R —соотвѣтствуетъ гранямъ основного ромбоэдра, d —соотвѣтствуетъ гранямъ перваго тупѣйшаго ромбоэдра, p —грани ромбоэдра 2-го рода, получаемого изъ тупѣйшей пирамиды 2-го рода $^2_1 P2$, x —грани ромбоэдра 3-го рода. Сравнивая эту комбинацію съ сферическою проеціею ея (фиг. 462), также съ ромбоэдромъ на фиг. 459, мы видимъ, что грани ея, по Миллеру, обозначаются слѣдующимъ образомъ:

$$R = r_1 (100)$$

$$'R = r_2 (001)$$

$$d = e_3 (101)$$

$$d' = e_1 (110)$$

$$a' = a_1 (10\bar{1})$$

$$a = a_2 (1\bar{1}0)$$

$$'a = a_3 (0\bar{1}1)$$

грани $g, g' g'$... принадлежатъ, очевидно, призмѣ 1-го рода, индексы ихъ легко опредѣляются при помощи уравненія зонъ, такъ, для грани g мы имѣемъ: двѣ зоны: $d (101), (\bar{1}\bar{1}1), g (hkl)$ и $a (1\bar{1}0), 'a (0\bar{1}1), g (hkl)$. отсюда получаемъ

$$\begin{array}{c|ccc|c} 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ \hline 1 & \bar{1} & 1 & 1 & \bar{1} & 1 \end{array} \quad \text{и} \quad \begin{array}{c|ccc|c} 1 & \bar{1} & 0 & 1 & \bar{1} & 0 \\ \hline 0 & \bar{1} & 1 & 0 & \bar{1} & 1 \end{array}$$

$$\frac{(0-\bar{1}) (1-1) (\bar{1}-0)}{h-l=0, \quad h=l=1, \quad -h-k-l=0, \quad -k=h+l, \quad -k=2;}$$

слѣдовательно имѣемъ $g (1\bar{2}1)$. Такимъ же образомъ получаемъ $g' (211), 'g (112)$... Чтобы яснѣе представить себѣ такое обозначеніе плоскостей гексагональной призмы 1-рода, мы обратимъ вниманіе на то, что грани ея занимаютъ положеніе въ вертикальной зонѣ, а проеціи этихъ зонъ на кругѣ проеціи находятся въ тѣхъ точкахъ, которыя, по сравненію съ проеціею кубической системы, принадлежатъ проеціямъ граней формы, знакъ которой при помощи параметровъ выражается $1:2:2$, то есть трапецоэдру, для котораго въ общемъ его знакѣ, $1:m:m, m=2$; это будетъ особенно ясно, если мы припомнимъ соотвѣтствующій случай между комбинаціями кубической системы (стр. 36—37).

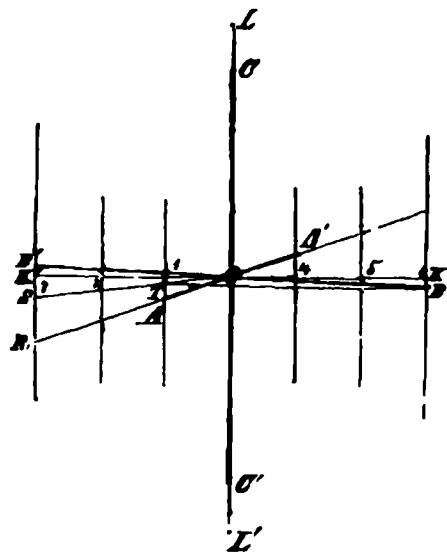
Общіе приемы изображенія въ сферической проеціи кристаллическихъ формъ, также способы вычисленія кристаллографическихъ элементовъ излагаются въ спеціальномъ курсѣ кристаллографіи.

Черченіе кристалловъ.

Для перспективнаго изображенія кристаллографическихъ формъ и ихъ комбинацій, мы должны научиться прежде всего построенію на бумагѣ осей различныхъ

системъ; опредѣляя положеніе нѣкоторыхъ особенныхъ точекъ относительно этихъ осей, и соединяя эти точки прямыми линиями, мы получаемъ перспективныя изображенія кристалловъ.

Для построенія осей кубической системы, проведемъ двѣ линіи взаимно перпендикулярныя KK' и LL' (фиг. 462), отложимъ отъ O , точки взаимнаго пересѣченія этихъ линій, влѣво и вправо послѣдовательно три отрезка произвольной длины, отмѣчая ихъ цифрами 1, 2, 3 и 4, 5, 6;—возставимъ перпендикуляры къ линіи KK' въ точкахъ 1 и 4, 2 и 5, 3 и 6. Отложимъ по линіи 3, къ низу до точки R , произвольную длину—она зависитъ отъ угла, подъ которымъ мы смотримъ на изображаемый нами кристаллъ въ частности, можно отложить разстояніе, равное одному изъ тѣхъ отрезковъ, которые мы откладывали по линіи KK' . Соединяемъ R съ O прямою линіею, продолжаемъ ее по другую сторону точки O и отмѣчаемъ точки пересѣченія этой линіи съ перпендикулярами 1 и 4, къ линіи KK' , буквами A и A' . Проведемъ изъ A , параллельно KK' , линію, до пересѣченія съ перпендикуляромъ 3, мы получаемъ, такимъ образомъ, точку S на этомъ перпендикулярѣ. Соединяемъ S съ O , линія SO



Фиг. 464.

пересѣкается съ перпендикуляромъ 1 въ точкѣ T , изъ T проводимъ линію параллельную KK' , она пересѣкаетъ перпендикуляръ 6 въ точкѣ B , соединяемъ BO и продолжаемъ BO до пересѣченія съ перпендикуляромъ 3 въ точкѣ B' : линіи AA' и BB' суть проэктіи двухъ осей системы, третья ось направляется по перпендикуляру LL' , длина ея опредѣляется отрезками $OC = OC' = OR$, такъ что CC' есть проэктіи третьей оси кубической системы. Соединяя точки ABC , $A'B'C'$ и т. д., мы получаемъ въ проэктіи октаэдръ. Для опредѣленія въ проэктіи положенія тригональных осей октаэдра, мы опредѣляемъ по общимъ правиламъ центры треугольниковъ-плоскостей ограниченія октаэдра—и соединяемъ ихъ съ точкою O ; для опредѣленія ромбическихъ осей у октаэдра, мы соединяемъ середины его реберъ съ точкою O . Положеніе тригональных и ромбическихъ осей октаэдра имѣетъ значеніе для изображенія всѣхъ формъ системы. Напримѣръ, продолжая тригональныя оси октаэдра на нѣкоторое разстояніе, представляющее въ проэктіи извѣстную часть длины этой оси, напр. $\frac{1}{4}$, мы опредѣляемъ положеніе нѣкоторыхъ точекъ P^1, P^2, P^3, P^4 и т. д., соединяя эти точки съ точками A, B, C, A', B', C' въ октаэдрѣ, мы получаемъ пирамидальный октаэдръ.

Для построенія вообще какой-нибудь формы кубической системы мы прежде всего строимъ октаэдръ и опредѣляемъ въ немъ положеніе всѣхъ его осей,—для построенія, напр., 48-ми гранника, мы продолжаемъ тригональныя и ромбическія оси октаэдра внѣ этой формы, для каждой изъ этихъ осей за единицу мѣры мы принимаемъ величину такой же оси октаэдра; такъ какъ въ перспективномъ чертежѣ всѣ тригональныя оси будутъ не равны между собою, также и всѣ ромбическія оси, то у насъ будетъ особенная единица мѣры, для каждой изъ этихъ осей, она опредѣляется длиною соотвѣтствующей оси октаэдра въ перспективномъ изображеніи. Если мы длину тригональной оси октаэдра, которую для даннаго чертежа и каждого даннаго направленія опредѣляемъ непосредственнымъ измѣреніемъ, назовемъ T , а длину ром-

бической оси при тѣхъ же условіяхъ назовемъ R , то, для построения какого-нибудь 48-ми гранника mOn , мы пользуемся слѣдующими выраженіями:

$$\text{величина тригональной оси } T \times \frac{3mn}{mn + m + n}$$

$$\text{величина ромбической оси } R \times \frac{2n}{n + 1}$$

вапримѣръ, мы имѣемъ 48-гранникъ 302, величина тригональной его оси = $\frac{T \times 3 \cdot 3 \cdot 2}{3 \cdot 2 + 3 + 2} = \frac{18T}{11} = 1 \frac{7}{11} T$, величина ромбической оси = $\frac{R \times 2 \cdot 2}{2 + 1} = \frac{4R}{3} = 1 \frac{1}{3} R$, другими словами, мы продолжаемъ тригональную ось октаэдра на $\frac{7}{11}$,

ромбическую его ось на $\frac{1}{3}$, для получения вершинъ угловъ, соответствующихъ этимъ осямъ 48-гранника.

Для 24 гранника mOm мы имѣемъ горизонтальную ось = $T \times \frac{3m^2}{m^2 + m + m} = T \times \frac{3}{1 + \frac{1}{m} + \frac{1}{m}}$, если $m = 2$, то = $\frac{T \times 3}{2} = 1\frac{1}{2}T$; ром-

бическая ось = $R \times \frac{2m}{m + 1} = R \times \frac{2}{1 + \frac{1}{m}}$, если $m = 2$, то = $R \times \frac{4}{3} = 1\frac{1}{3} R$

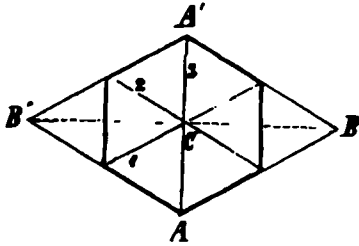
Кубъ мы рассматриваемъ, какъ случай 24-гранника mOm , для $m = \infty$, тогда мы имѣемъ тригональную ось = $T \times 3$, ромбическую ось = $R \times 2$, то есть, для построения куба, на чертежѣ нужно утроить уже построенныя тригональная ось октаэдра и удвоить его ромбическія оси; получаемыя при этомъ четыре точки, соответствующія тригональнымъ осямъ, соединяемъ прямыми линиями, концы ромбическихъ осей должны находиться на серединахъ этихъ линий, представляющихъ ребра куба.

Для построения квадратной пирамиды, мы строимъ оси октаэдра кубической системы, но умножаемъ въ проэкціи длину вертикальной оси октаэдра на величину большую или меньшую единицы, соответственно условію существованія формы квадратной системы, обладающей, какъ извѣстно, тремя осями взаимно перпендикулярными $a : a : c$, гдѣ $c \geq a$.

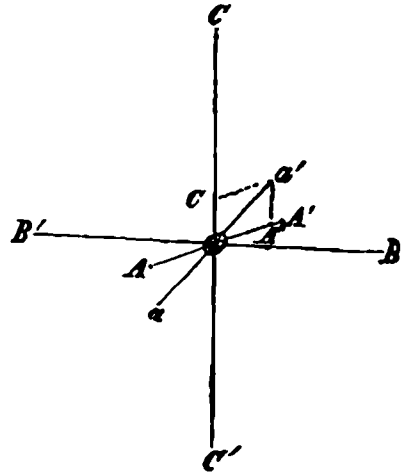
Для построения формъ ромбической системы, соответственно условію $a : b : c$, $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, мы оставляемъ одну изъ осей октаэдра системы кубической безъ измѣненія, другія двѣ оси въ проэкціи умножаемъ на величины большія или меньшія единицы, въ зависимости отъ численныхъ значеній a и c въ каждомъ данномъ случаѣ.

Построеніе осей во всѣхъ другихъ системахъ можетъ быть сведено къ построению осей системы ромбической съ нѣкоторыми измѣненіями, вызываемыми особенностями каждой системы. Такъ, для построения трехъ осей, расположенныхъ въ основномъ сѣченіи гексагональной системы, мы поступаемъ слѣдующимъ образомъ: дѣлимъ пополамъ уголъ, образованный двумя смежными осями 1 и 2, линія, которая дѣлитъ пополамъ этотъ уголъ, перпендикулярна третьей оси (3), фиг. 465, длина ея равна $\sqrt{3}$: слѣдовательно, мы можемъ построить оси октаэдра кубической системы, полагая длину одной изъ осей, расположенныхъ въ горизонтальной плоскости, за единицу, другую ось продолжимъ такъ, чтобъ величина ея равнялась приближенному значенію $\sqrt{3}$, вертикальную ось умножаемъ на величину $c \geq 1$, — такимъ образомъ мы получаемъ ромбическую пирамиду съ отношеніемъ осей $a \sqrt{3} : a : c$ или $\sqrt{3} : 1 : \frac{c}{a}$.

если мы разделим пополам ребра этой пирамиды AB и AB' , расположенные в основном ее сечении, и соединим найденные таким образом точки с точкой пересечения построенных нами осей, то мы найдем, в проекции, по величине и по положению, все три оси гексагональной системы, расположенные в основном ее сечении, линия, делящая пополам угол между этими осями, которую мы ранее пользовались, разумеется, теперь не имеет никакого значения.

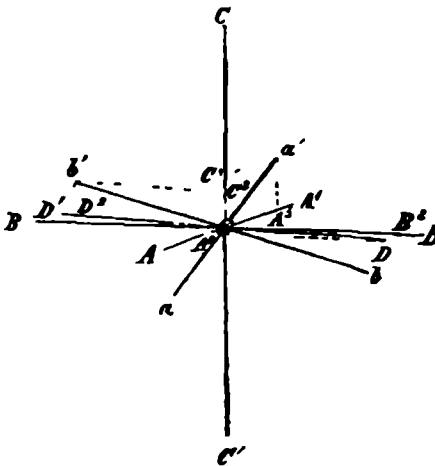


Фиг. 465.



Фиг. 466.

Для построения осей моносимметрической системы, мы опять воспользуемся осями кубической системы, при этом мы должны помнить, что все оси этой системы, в перспективном изображении не равны и не прямоугольны на самом деле равны и взаимно перпендикулярны. Прежде всего мы построим угол между вертикальной осью и клино-осью: в данном случае, для этой цели, принимая оси кубической системы AA' и CC' равными единицам, фиг. 466 мы берем численные значения синуса и косинуса угла β , и откладываем пропорциональные этим числам линии по AA' и по CC' , так что $OA'' = \cos \beta$, $OC'' = \sin \beta$, — построим затем параллелограмм на этих линиях OA'' и OC'' , соединяя в этом параллелограмме a' с O , продолжаем полученную линию по другую сторону на расстояние $Oa = Oa'$. Линия aa' представляет собою клино-ось, при предположении, что все три оси равны, что противоречит истинному соотношению между осями моносимметрической системы, связанным условием $a:b:c$, $\alpha = \beta = 50^\circ$, $\gamma \geq 90^\circ$. Сделанное нами построение соответствует повороту оси AA' , в плоскости $AA'CC'$ около оси BB' на угол β для построения истинной длины осей AA' , BB' , CC' , мы должны умножить их на величины a , b и c , полагая при этом $BB' = b = 1$.



Фиг. 467.

Тем же принципом руководствуемся, при построении осей ассиметрической системы, взаимное отношение которых выражается $a:b:c$, $\alpha \geq 90^\circ$, $\beta \geq 90^\circ$, $\gamma \geq 90^\circ$.

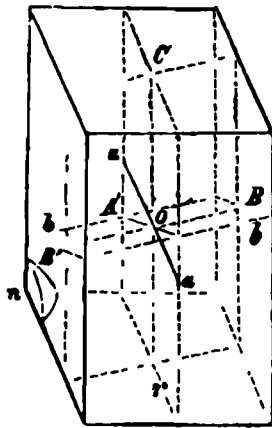
Сначала построим оси кубической системы AA' , BB' , CC' , — затем, фиг. 467, возьмем величину острого угла C между макроринакондом и брахипинакондом и откладываем по оси OA линию $OA_2 = OA \cos C$, по оси OB откладываем линию $OB_2 = OB \sin C$. в параллелограмме, построенном на OA_2 и OB_2 , соединяем вершину угла D с O , тогда OD будет выражать поворот оси OB в плоскости AOB при положении осей взаимно пер-

пендикулярномъ. очевидно, OD образуетъ съ OC прямой уголъ. Затѣмъ, мы откладываемъ по OC :

$OC_2 = OC \times \cos \beta$. $OC_2 = OC \times \cos \alpha$; по AO_1 : $AO_2 = OA_1 \sin \beta$; по OD_1 :
 $OD_2 = OD_1 \sin \alpha$.

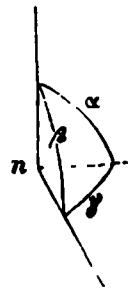
Построивъ соответствующіе параллелограммы, по предыдущему, и соединяя прямыми линиями соответствующія точки, мы получаемъ направленія всѣхъ трехъ осей асимметрической системы, полагая, что всѣ эти оси равны между собою, чего на самомъ дѣлѣ, конечно, не бываетъ; поэтому, оставляя безъ измѣненія величину оси, которую мы принимаемъ за единицу, откладываемъ на другихъ осяхъ линіи, длина которыхъ пропорціональна соответствующимъ величинамъ въ отношеніи $a:b:c$ или $\frac{a}{b}:1:\frac{c}{b}$.

Для того, чтобы яснѣе представить необходимость поворота, который мы сдѣлали съ осью OB въ системѣ осей кубической системы, или, лучше сказать, съ плоскостью COB , мы припомнимъ, что опредѣленія взаимнаго положенія осей асимметрической системы, удобнѣе всего представить себѣ комбинацію трехъ пинакоидовъ (фиг. 468 а и б) OP (001), ∞P_{∞} (100), ∞P_{∞} (010): мы видимъ, что плоскіе углы, сходящіеся въ точкѣ n , по положенію и величинѣ соответствуютъ угламъ между осями a , b , c ; очевидно, что двугранные углы, образуемые при взаимномъ пересѣченіи пинакоидовъ, всѣ болѣе или же менѣе 90° . Если



Фиг. 468 а.

помѣстить построенныя нами оси кубической системы внутри этой комбинаціи пинакоидовъ такъ, чтобы точка взаимнаго пересѣченія осей совпадала съ центромъ симметріи комбинаціи пинакоидовъ, то мы можемъ поставить ихъ такъ, чтобы CC' совпадало съ вертикальною осью прямоугольной системы, плоскость AOC была параллельна плоскостямъ ∞P_{∞} (010), тогда плоскость BOC перпендикулярна плоскостямъ ∞P_{∞} (010), а плоскость AOB перпендикулярна плоскостямъ ∞P_{∞} (100) и ∞P_{∞} (010).



Фиг. 468 б.

Уголъ C , которымъ мы пользовались, представляетъ собою двугранный острый уголъ, образованный плоскостями ∞P_{∞} (100) и ∞P_{∞} (010); для поворота плоскости COB такъ, чтобы она была параллельна ∞P_{∞} (100), мы тѣмъ самымъ перемѣщаемъ ось OB такимъ образомъ, что она въ плоскости AOB образуетъ при этомъ съ линіею AOA' углы C и $180^\circ - C$, но плоскость OP (001) съ направлениемъ комбинаціоннаго ребра (010) и (001), образуетъ уголъ γ .

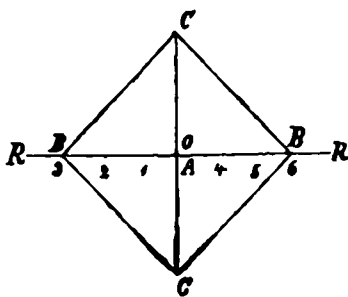
Такимъ образомъ, линіи AA' , BB' и CC' располагаются не всѣ подъ прямыми углами, но $AA:CC=90^\circ$, $BB:CC=90^\circ$, $AA:BB=\angle C$. Теперь уже, въ плоскости COA , сохраняющей прежнее положеніе, и въ плоскости COB , получающей новое положеніе, мы поворачиваемъ линіи AO и BO относительно линіи OC такимъ образомъ, чтобы AO принимало положеніе оси a въ асимметрической системѣ, образуя уголъ β съ линіею OC , которую мы рассматриваемъ, какъ ось c , — чтобы BO принимало положеніе оси b въ асимметрической системѣ, образуя уголъ α съ линіею OC' , то есть осью c , очевидно, оси a и b при этихъ условіяхъ образуютъ между собою уголъ γ или $180^\circ - \gamma$, такъ какъ обѣ онѣ располагаются въ плоскости, проходящей чрезъ центръ симметріи параллельно плоскости OP (001).

Мы вернемся теперь къ построению осей кубической системы, представляющему наименьшія трудности, такъ какъ въ этомъ случаѣ нужно дать параллельно линіи-

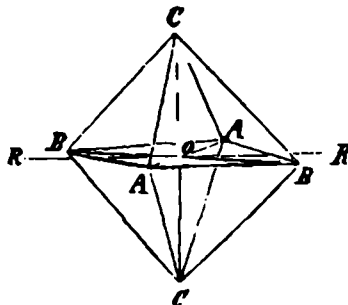
ную проекцию трех линий равных и взаимно перпендикулярных. Необходимо помнить, что параллельно линейная проекция предполагает удаление глаза от плоскости бумаги на бесконечно большое расстояние для проектирования осей октаэдра лупической системы, мы прибѣгаемъ къ такому же искусственному приему, какимъ пользовались при объясненіи сферической проекціи кристалловъ

Представимъ между нашимъ глазомъ, удаленнымъ на бесконечно большое расстояние отъ октаэдра, и этимъ октаэдромъ плоскость бумаги прямыми линиями, направляющимися отъ всѣхъ вершинъ октаэдра къ нашему глазу, взаимно параллельными, вслѣдствіе бесконечно большаго удаленія нашего глаза отъ кристалла, пересѣкаясь съ бумагою дадутъ на ней совокупность точекъ, которыя представляютъ собою вершины всѣхъ угловъ октаэдра, — соединяя эти точки прямыми линиями, мы получаемъ изображение октаэдра въ параллельно линейной проекціи

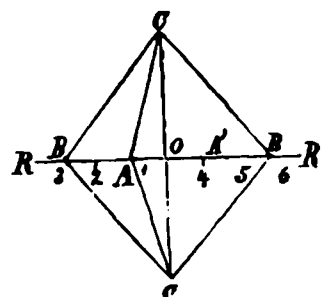
Для изображенія кристаллографической формы намъ важно опредѣлить на бумагѣ положеніе проекцій, по возможности, наибольшаго числа точекъ, совпадающихъ съ вершинами гранныхъ угловъ формы. Съ этою цѣлю, мы отыскиваемъ наиболѣе выгодную точку зрѣнія на кристаллѣ, чтобъ видѣть наибольшее количество вершинъ угловъ его одновременно. Если нашъ глазъ находится въ плоскости параллельной основному сѣченію октаэдра, и одна изъ осей его направляется параллельно лучамъ зрѣнія, мы видимъ только пять вершинъ угловъ октаэдра, при чемъ каждыя три вершины проецируются въ одной прямой линіи (фиг. 469) удерживая глазъ въ прежнемъ положеніи, повернемъ октаэдръ около вертикальной оси на нѣкоторый уголъ влѣво (фиг. 471), тогда мы видимъ тѣ же пять вершинъ октаэдра, но проекціи только трехъ изъ нихъ находятся на одной прямой линіи. Наконецъ, поднимемъ глазъ надъ плоскостью ABO , не выводя его изъ плоскости AOC , мы увидимъ тѣ же пять точекъ октаэдра, проекціи ихъ расположены только *по двѣ* на одной прямой линіи, вслѣдствіе этого, мы увидимъ въ проекціи непосредственно восемь реберъ октаэдра, тогда какъ въ предыдущихъ случаяхъ ребра эти попарно сливались въ одной прямой линіи (фиг. 470).



Фиг. 469.



Фиг. 470.



Фиг. 471.

При поворотѣ октаэдра влѣво на нѣкоторый уголъ, вершина его, которая раньше была обращена прямо къ наблюдателю, теперь направлена влѣво мы можемъ выбрать такой уголъ поворота, что вершина угла будетъ проектироваться въ точкѣ 1 на линіи KK' —затѣмъ, при поднятіи глаза *надъ* горизонтальною плоскостью ABO , разсматриваемая нами вершина октаэдра должна проектироваться *подъ* линіею KK' , для удобства черченія кристалла, мы можемъ выбрать такимъ образомъ уголъ поворота кристалла и уголъ поднятія глаза, что отношенія между KK' и $o1$, между KK' и TA будетъ выражаемо весьма просто, напр , $o1 = \frac{KK'}{6}$, $l'A = \frac{1}{9} KO'$ и т. п. (фиг. 464), еслибъ мы измѣнили уголъ поднятія глаза такъ, чтобъ $KK' = \frac{OK}{2}$, то

величина TA должна равняться $\frac{1}{6} KO$. Если мы рисуемъ октаэдръ вполне, то есть, не только часть, обращенную къ намъ, но также и противоположную часть, обозначая невидимыя ребра пунктиромъ, выгодно увеличивать уголъ зрѣнія, для того, чтобы разстояніе между ребрами октаэдра, расположенными въ горизонтальной его плоскости, было больше, въ противномъ случаѣ, рисунокъ можетъ быть не вполне ясенъ, особенно, если мы обозначаемъ также пунктиромъ оси октаэдра.

Мы можемъ легко перейти отъ октаэдра, напр., къ комбинаціи куба съ октаэдромъ (сравн. фиг. 56): отъ A, B и C (фиг. 470) откладываемъ внизъ, напр., $\frac{1}{4}$ часть линій OA, OB и OC ; чрезъ точки, полученныя такимъ образомъ, проводимъ плоскости, параллельныя плоскостямъ $ABAB, BCBC$ и $ACAC$, соединяя точки пересѣченія этихъ плоскостей съ ребрами октаэдра, мы получаемъ комбинаціонныя ребра обѣихъ простыхъ формъ, вступающихъ въ комбинацію.

Для перехода отъ октаэдра системы кубической къ октаэдру ромбическому, напр., изображенному, на фиг. 301 (стр. 157), мы оставимъ безъ измѣненія линію $BB = b = 1$ въ проэкціи, фиг. 470, и соответственно умножимъ AA на $a = 0,8130$, — CC умножимъ на $c = 1,9037$. Соединяя найденныя точки, получимъ ромбическій октаэдръ съ отношеніемъ осей $a : b : c = 0,8130 : 1 : 1,9037$.

Обзоръ тридцати двухъ кристаллографическихъ классовъ.

Мы воспользуемся сферическою проэкціею для изображенія представителей тридцати двухъ кристаллографическихъ классовъ; плоскость проэкцій совмѣщается съ одною изъ плоскостей координатъ, при этомъ въ системѣ моносимметрической она совпадаетъ съ плоскостью симметріи, въ системѣ ромбической съ основнымъ сѣченіемъ, въ системѣ квадратной и гексагональной съ главнымъ сѣченіемъ, также и въ системѣ кубической. Кругъ проэкцій обозначается пунктиромъ, кристаллографическія оси обозначаются пунктирными линіями со штрихами на концахъ, напоминающими оперенный конецъ стрѣлы; оси симметріи обозначаются также пунктирными линіями, при чемъ на концахъ осей 2-го порядка помѣщены *эллипсы*, осямъ 3-го порядка соответствуютъ *треугольники*, осямъ 4-го порядка соответствуютъ *квадраты*, осямъ 6-го порядка соответствуютъ *шестиугольники*. Плоскости симметріи, въ зависимости отъ ихъ положенія относительно плоскости проэкцій, обозначаются *сплошными* дугами круговъ, *сплошными* прямыми линіями, если же плоскость симметріи совпадаетъ съ плоскостью проэкцій, то кругъ проэкцій выражается *сплошнымъ* кругомъ. Центръ симметріи особаго обозначенія не имѣетъ: онъ опредѣляется существованіемъ проэкцій двухъ граней взаимно параллельныхъ, выражающихся двумя точками, расположенными на сферѣ проэкцій въ одинаковомъ разстояніи отъ полюсовъ и отъ экватора, но совпадающими съ противоположными концами одного и того-же діаметра сферы.

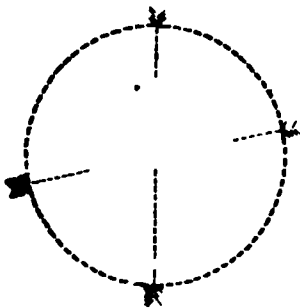
I. КЛАССЪ ПЕДІАЛЬНЫЙ.

Представитель класса, *педіонъ*, встрѣчается въ видѣ отдѣльныхъ кристаллографическихъ плоскостей, вступающихъ во взаимныя комбинаціи, сравн. фиг. 361 на стр. 194. Классъ характеризуется полнымъ отсутствіемъ элементовъ симметріи.

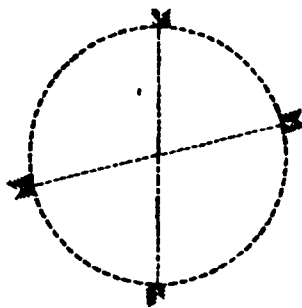
Кристаллографическія оси въ сферѣ проэкцій проведены такъ, что точка на сферѣ (фиг. 412) соотвѣтствуетъ грани (111).

II. КЛАССЪ ПИНАКОИДАЛЬНЫЙ.

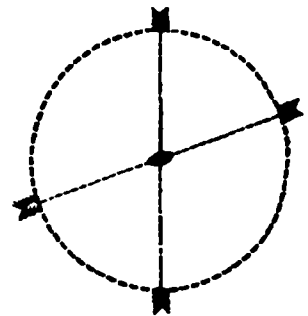
Представитель класса, *пинакоидъ*, встрѣчается въ видѣ двухъ кристаллографическихъ плоскостей взаимно параллельныхъ, вступающихъ во взаимныя комбинаціи, сравн., напр., фиг. 351 на стр. 187: здѣсь грани ABC и ей параллельная $—A —B —C$ представляютъ одинъ



Фиг. 472.



Фиг. 473.



Фиг. 474.

пинакоидъ, другой пинакоидъ состоитъ изъ граней $AB—C$ и $A—BC$ и т. д., мы имѣемъ комбинацію четырехъ пинакоидовъ $\{111\}$; на фиг. 352 изображена комбинація пинакоидовъ (100) и $(\bar{1}00)$, (010) и $(0\bar{1}0)$, $(00\bar{1})$ и (001) . Въ проэкціи, на фиг. 473 изображенъ пинакоидъ, образованный гранями (111) и $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$. Классъ характеризуется существованіемъ центра симметріи.

III. КЛАССЪ СФЕНОИДИЧЕСКІЙ.

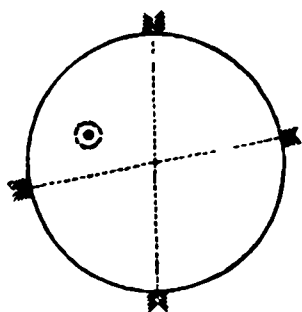
Представитель класса, *сфеноидъ*, состоитъ изъ двухъ плоскостей, пересѣкающихся взаимно подъ косымъ угломъ въ ребрѣ, перпендикулярномъ къ оси симметріи 2-го порядка, характеризующей этотъ классъ, на фиг. 347, стр. 184, q сверху и снизу, или плоскость p (110) въ передней части рисунка и p $(\bar{1}\bar{1}0)$ за рисункомъ и т. под. На сферѣ изображены проэкціи граней сфеноида (111) и $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ (фиг. 474).

IV. КЛАССЪ ДОМАТИЧЕСКІЙ.

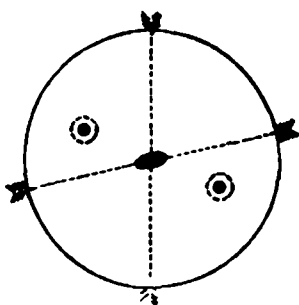
Представитель класса, *дѣма*, состоитъ изъ двухъ плоскостей, пересекающихся въ плоскости симметріи, характеризующей своимъ существованіемъ этотъ классъ: на фиг. 475 даны проэкціи граней дѣмы (111) и $(\bar{1}\bar{1}1)$; проведя кристаллографическія оси иначе, мы, по отношенію къ плоскости симметріи, могли бы разсматривать фиг. 469 какъ проэкцію граней дѣмы (011) и $(0\bar{1}1)$, сравн. на фиг. 350, стр. 185, грани f и $\bar{f}$.

V. КЛАССЪ ПРИЗМАТИЧЕСКІЙ.

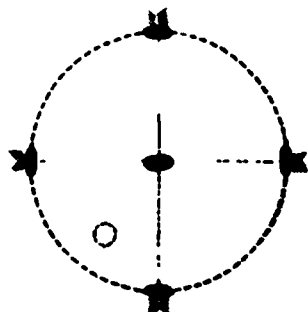
Представитель класса, *призма*, состоитъ изъ четырехъ плоскостей, пересекающихся въ ребрахъ взаимно параллельныхъ, напр., на фиг. 340, стр. 182, мы имѣемъ призму, составленную гранями p° , p и имъ параллельными, также призму, составленную гранями o , $\bar{o}$ и имъ параллель-



Фиг. 475.



Фиг. 476.



Фиг. 477.

ными. На сферѣ (фиг. 476), даны проэкціи призматическихъ граней, расположенныхъ *по сю* сторону плоскости симметріи, (111) и $(\bar{1}\bar{1}1)$, онѣ выражены точками, проэкціи граней, расположенныхъ *по ту* сторону плоскости симметріи, совпадающей, по условію, съ плоскостью проэкціи, обозначены кружками, соотвѣтствующими $(\bar{1}\bar{1}1)$ и $(11\bar{1})$. Классъ характеризуется существованіемъ плоскости симметріи, оси симметріи 2-го порядка и центра симметріи.

VI. КЛАССЪ РОМБИЧЕСКАГО БИСФЕНОИДА.

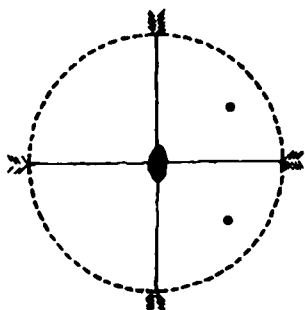
Представитель класса, ромбическій бисфеноидъ, изображенъ въ перспективѣ на фиг. 329а и б, стр. 172; сферическая проэкція (фиг. 477), представляетъ правый бисфеноидъ — точки выражаютъ проэкціи верхней грани o (111) и ей соотвѣтствующей $(\bar{1}\bar{1}1)$, кружки выражаютъ проэкціи нижней грани $\bar{o}$ $(1\bar{1}\bar{1})$ и ей соотвѣтствующей $(11\bar{1})$; плоскость проэкціи совпадаетъ съ основною кристаллографическою плоскостью AB на фиг. 299 и проч. Классъ характеризуется существованіемъ трехъ осей симметріи 2-го порядка.

VII. КЛАССЪ РОМБИЧЕСКОЙ ПИРАМИДЫ.

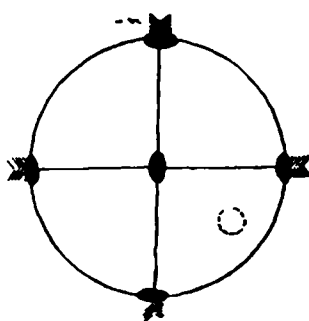
Представитель класса, ромбическая пирамида, состоитъ изъ четырехъ пирамидальныхъ граней: на фиг. 334 и 336, стр. 174, грани нижнихъ пирамидъ *оо* въ комбинаціи съ другими формами; на (фиг. 478) въ сферической проэкціи грани верхней ромбической пирамиды. Классъ характеризуется существованіемъ двухъ плоскостей симметріи и одной оси симметріи 2-го порядка.

VIII. КЛАССЪ РОМБИЧЕСКОЙ БИПИРАМИДЫ.

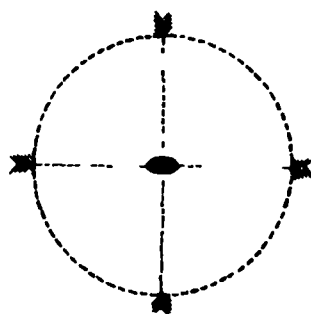
Представитель класса, ромбическая бипирамида, изображена на фиг. 299, стр. 157 и др. Въ сферической проэкціи, фиг. 479, изображены четыре верхнія и четыре нижнія грани этой бипирамиды: — такъ какъ плоскость проэкціи совпадаетъ съ основнымъ сѣченіемъ бипирамиды



Фиг. 478.



Фиг. 479.



Фиг. 480.

и соотвѣтствующею плоскостью симметріи, то проэкціи верхнихъ граней совпадаютъ соотвѣтственно съ проэкціями нижнихъ граней ея, что выражается на чертежѣ помѣщеніемъ точекъ, соотвѣтствующихъ верхнимъ гранямъ, внутри кружковъ, соотвѣтствующихъ нижнимъ гранямъ. Классъ характеризуется существованіемъ трехъ плоскостей симметріи, трехъ осей симметріи 2-го порядка, центра симметріи.

IX. КЛАССЪ ТЕТРАГОНАЛЬНОГО БИСФЕНОИДА.

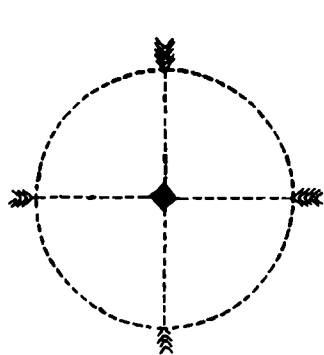
Представитель класса тетрагональный бисфеноидъ, сравн. фиг. 196 на стр. 96; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 2-го порядка (фиг. 480).

Х. КЛАССЪ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

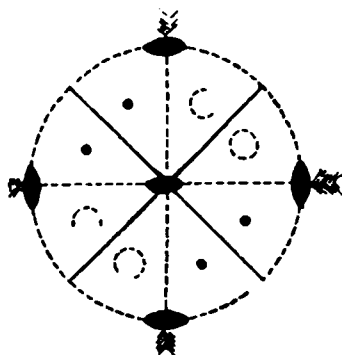
Представитель класса тетрагональная пирамида, сравн. фиг. 198 на стр. 98; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 4-го порядка (фиг. 475).

ХІ. КЛАССЪ ТЕТРАГОНАЛЬНОГО СКАЛЕНОЭДРА.

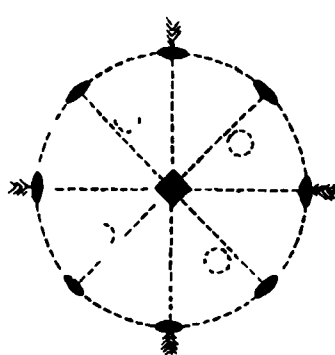
Представитель класса тетрагональный скаленоэдръ, сравн. фиг. 172 на стр. 85; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 2-го



Фиг. 481.



Фиг. 482.



Фиг. 483.

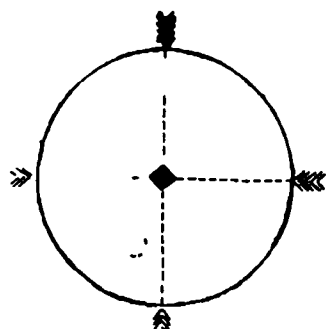
порядка и двухъ осей симметріи 2-го порядка къ ней перпендикулярныхъ, двухъ плоскостей симметріи (фиг. 482).

ХІІ. КЛАССЪ ТЕТРАГОНАЛЬНОГО ТРАПЕЦЕОЭДРА.

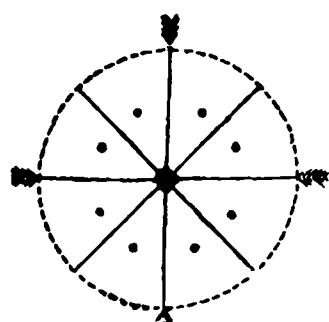
Представитель класса тетрагональный трапецоэдръ, сравн. фиг. 176 на стр. 87; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 4-го порядка и четырехъ $= 2 + 2$ осей симметріи 2-го порядка къ ней перпендикулярныхъ (фиг. 483).

ХІІІ. КЛАССЪ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

Представитель класса тетрагональная бипирамида, сравн. стр. 90, 91 и др.; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 4-го порядка, плоскости симметріи перпендикулярной этой оси, центра симметріи, на фиг. 484 плоскость проэкцій совпадаетъ съ плоскостью симметріи.



Фиг. 484.

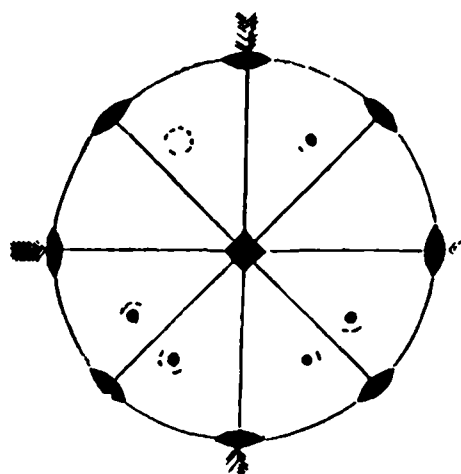


Фиг. 485.

XIV. КЛАССЪ ДИТЕТРАГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

Представитель класса дитетрагональная пирамида, сравн. фиг. 177 на стр. 87, классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 4-го порядка и четырехъ плоскостей симметріи (фиг. 485).

XV. КЛАССЪ ДИТЕТРАГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

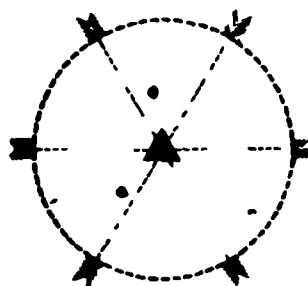


Фиг. 486.

Представитель класса дитетрагональная бипирамида, сравн. фиг. 148 на стр. 70 и 71; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 4-го порядка, четырехъ $= 2 + 2$ осей симметріи 2-го порядка ей перпендикулярныхъ, плоскости симметріи перпендикулярной оси 4-го порядка, съ нею совмѣщается плоскость проэкцій на фиг. 486, четырехъ плоскостей симметріи перпендикулярныхъ этой плоскости.

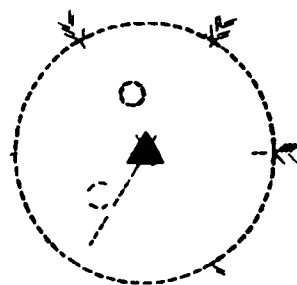
XVI. КЛАССЪ ТРИГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

Представитель класса, тригональная пирамида. сравн. стр. 143, 141, также 149 и 152; въ сферической проэкціи непосредственно видны точки, соответствующія всѣмъ ея гранямъ (фиг. 487). Классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка.



Фиг. 487.

XVII. КЛАССЪ РОМБОЭДРА.



Фиг. 488.

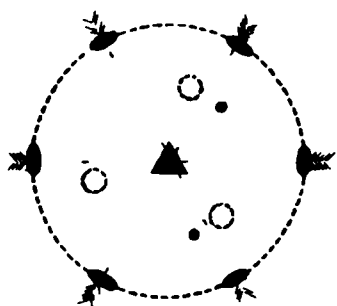
Представитель класса ромбоэдръ характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка и центра симметріи (фиг. 488). Сравн. стр. 134, фиг. 267.

ХVIII. КЛАССЪ ТРИГОНАЛЬНОГО ТРАПЕЦОЭДРА.

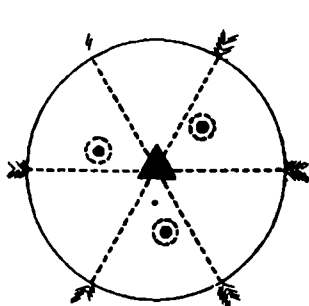
Представитель класса, тригональный трапецоэдръ, изображенъ на фиг. 266, стр. 133; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка и трехъ перпендикулярныхъ къ ней осей симметріи 2-го порядка (фиг. 489).

ХІХ. КЛАССЪ ТРИГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

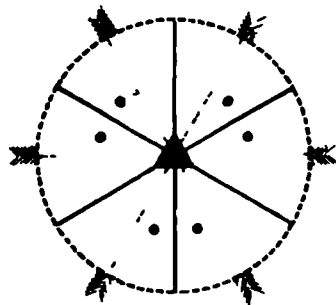
Представитель класса тригональная бипирамида; она по внѣшнему виду сходна съ формою, изображенною на фиг. 272, стр. 137. Классъ



Фиг. 489.



Фиг. 490.



Фиг. 491.

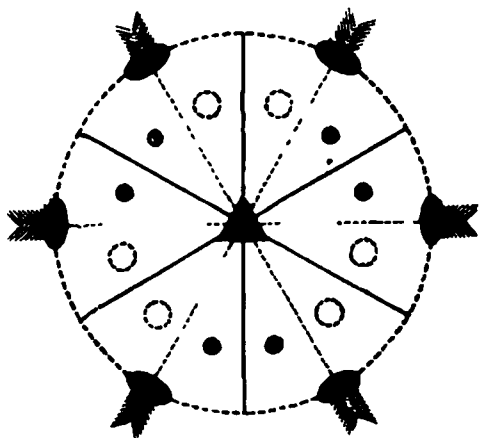
характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка и плоскости симметріи, какъ это видно на фиг. 490, въ сферической проекціи тригональной бипирамиды.

ХХ. КЛАССЪ ДИТРИГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

Представитель класса, дитригональная пирамида (сравни. стр. 142) характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка и трехъ плоскостей симметріи (фиг. 491).

ХХІ. КЛАССЪ ДИТРИГОНАЛЬНОГО СКАЛЕНОЭДРА.

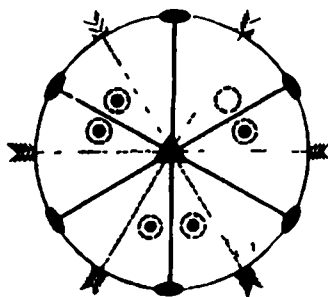
Представитель класса, дитригональный скаленоэдръ, въ перспективномъ изображеніи данъ на фиг. 238, стр. 120 (скаленоэдръ гексагональной системы); классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка, трехъ осей симметріи 2-го порядка, къ ней перпендикулярныхъ, трехъ плоскостей симметріи, центра симметріи (фиг. 492).



Фиг. 492.

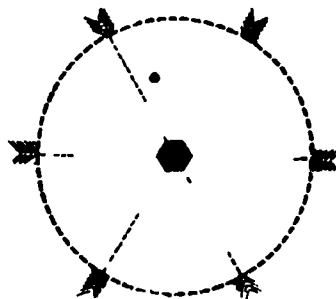
XXII. КЛАССЪ ДИТРИГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

Представитель класса, дитригональная бипирамида (сравн. стр. 130) характеризуется существованіемъ оси симметріи 3-го порядка, трехъ плоскостей симметріи одного рода и плоскости симметріи другого рода перпендикулярной къ оси симметріи, съ этою плоскостью на фиг. 493



Фиг. 493.

существуетъ ось симметріи 3-го порядка, трехъ плоскостей симметріи одного рода и плоскости симметріи другого рода перпендикулярной къ оси симметріи, съ этою плоскостью на фиг. 493



Фиг. 494.

совпадаетъ плоскость проэкцій, въ ней три оси 2-го порядка.

XXIII. КЛАССЪ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

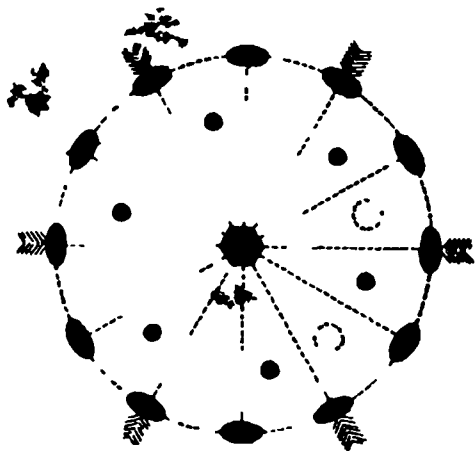
Представитель класса, гексагональная пирамида (сравн. стр. 136); классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 6-го порядка (фиг. 494).

XXIV. КЛАССЪ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО ТРАПЕЦОЭДРА.

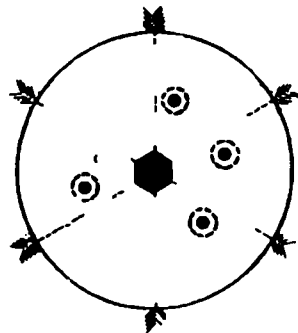
Представитель класса, гексагональный трапецоэдръ, изображенъ на фиг. 234, стр. 118; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 6-го порядка и шести $= 3 + 3$ осей симметріи 2-го порядка, къ ней перпендикулярныхъ (фиг. 495).

XXV. КЛАССЪ ГЕКСАГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

Представитель класса, гексагональная бипирамида, напр., на фиг. 246, стр. 123; классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 6-го порядка, плоскости симметріи и центра симметріи. Плоскость проэкцій совпадаетъ съ плоскостью симметріи (фиг. 496).



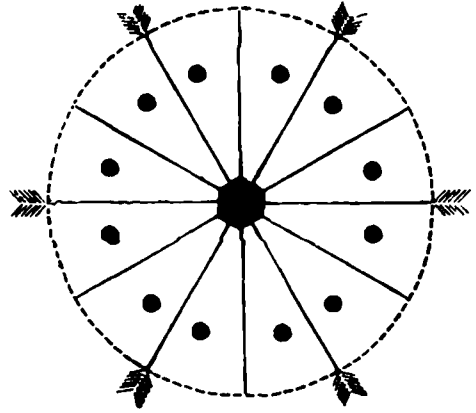
Фиг. 495.



Фиг. 496.

XXVI. КЛАССЪ ДИГЕКСАГОНАЛЬНОЙ ПИРАМИДЫ.

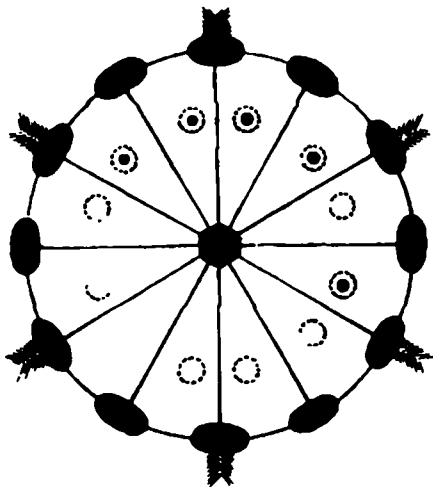
Представитель класса дигексагональная пирамида (сравн. стр. 124), классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 6-го порядка и шести плоскостей симметріи $= 3 + 3$ (фиг. 497):



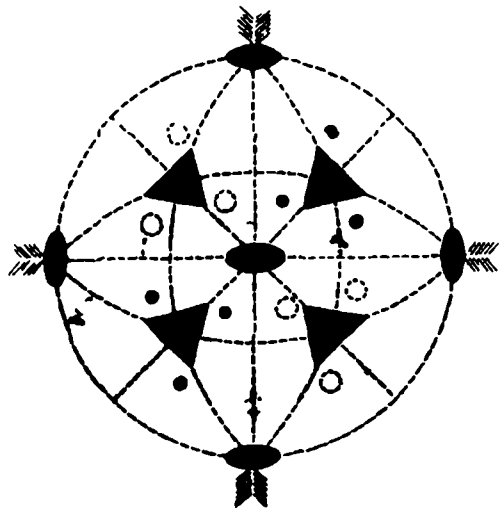
Фиг. 497.

XXVII. КЛАССЪ ДИГЕКСАГОНАЛЬНОЙ БИПИРАМИДЫ.

Представитель класса дигексагональная бипирамида (сравн. фиг. 209, стр. 105), классъ характеризуется существованіемъ оси симметріи 6-го порядка, шести $= 3 + 3$ осей симметріи 2-го порядка къ ней перпендикулярныхъ, плоскости симметріи, перпендикулярной къ оси 6-го порядка, шести $= 3 + 3$ плоскостей симметріи къ ней перпендикулярныхъ, центра симметріи (фиг. 498).



Фиг. 498.

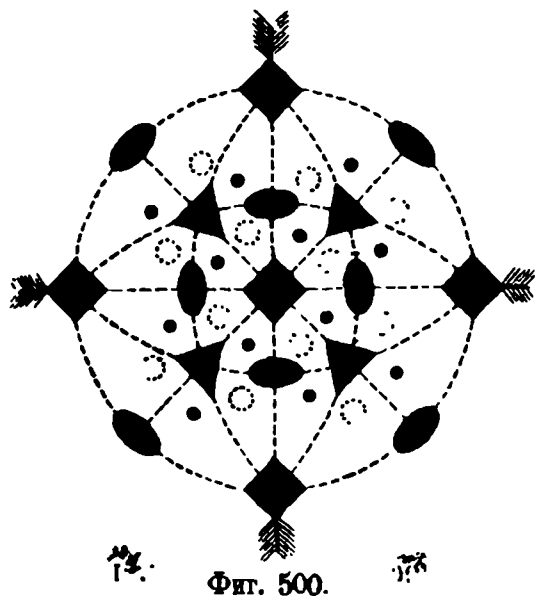


Фиг. 499.

симметріи 2-го порядка и четырьмя осями симметріи 3-го порядка (фиг. 499).

XXIX. КЛАССЪ ПЕНТАГОНАЛЬНОГО ИКОСИТЕТРАЭДРА.

Представитель класса пентагональный икоситетраэдръ, см. стр. 54 фиг. 120 (гироэдръ кубической системы), онъ характеризуется тремя осями симметріи 4-го порядка, четырьмя осями симметріи 3-го порядка, шестью осями симметріи 2-го порядка (фиг. 500).



Фиг. 500.

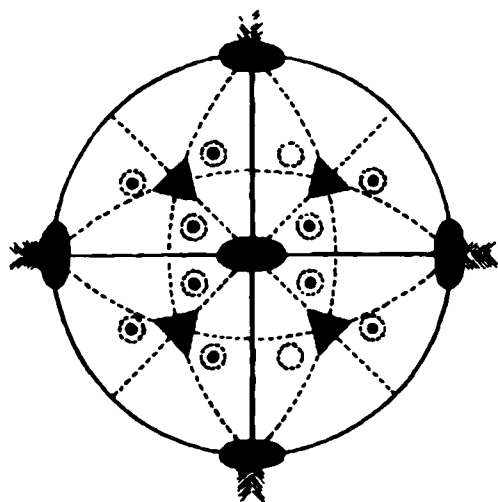
XXX. КЛАССЪ ДІАКИСЬ-ДОДЕКАЭДРА.

Представитель класса діакись-додекаэдръ (преломленный пентагональный додекаэдръ), см. стр. 51, фиг. 105; онъ характеризуется тремя осями симметріи 2-го порядка, че-

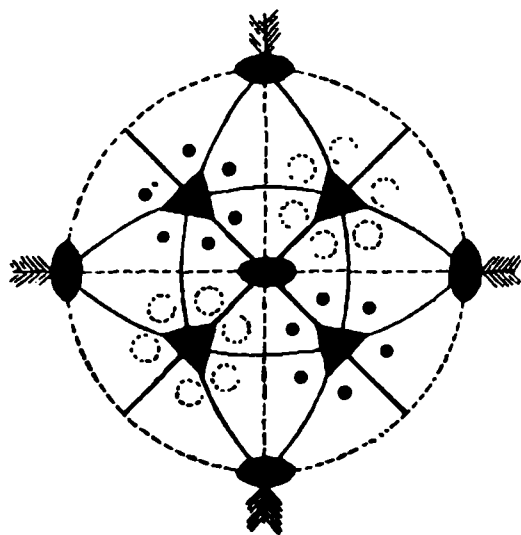
тырьмя осями симметріи 3-го порядка, тремя плоскостями симметріи, центромъ симметріи (фиг. 501).

XXXI. КЛАССЪ ГЕКСАКИСЬ-ТЕТРАЭДРА.

Представитель класса гексакись-тетраэдръ (преломленный пирамидальный тетраэдръ), см. стр. 47, фиг. 88; онъ характеризуется тремя



Фиг. 501.



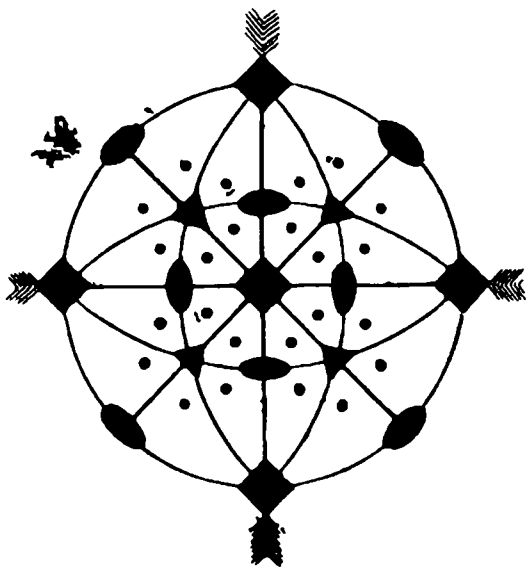
Фиг. 502.

осями симметріи 2-го порядка, четырьмя осями симметріи 3-го порядка шестью плоскостями симметріи (фиг. 502).

XXXII. КЛАССЪ ГЕКСАКИСЪ-ОКТАЭДРА.

Представитель класса гексакисъ-октаэдръ (48-гранникъ), см. стр. 22, фиг. 46, онъ характеризуется тремя осями симметрии 4-го порядка, четырьмя осями симметрии 3-го порядка, шестью осями симметрии 2-го порядка, центромъ симметрии, девятью $= 3 + 6$ плоскостями симметрии (фиг. 503).

Очевидно, классы XXVIII—XXXII составляютъ кубическую систему; мы помнимъ, что всѣ формы кубической системы удобно разсматривать, относя ихъ къ тремъ осямъ координатъ, взаимно перпендикулярнымъ — отрезки ихъ внутри кристалла составляютъ кристаллографическія оси — въ зависимости отъ характера симметрии разсматриваемой формы, съ осями координатъ совпадаютъ оси симметрии 4-го порядка, въ классахъ XXXII и XXIX, или же оси симметрии 2-го порядка, въ классахъ XXXI, XXX и XXVIII.



Фиг. 503.

Плоскость куба, какъ извѣстно, *перпендикулярна кристаллографической оси*; по условиямъ симметрии каждаго изъ классовъ, составляющихъ кубическую систему, она должна повторяться *шесть* разъ, слѣдовательно, въ каждомъ классѣ формъ кубической системы форма куба остается неизмѣнною, въ проекціяхъ представителей классовъ XXXII и XXIX плоскостямъ куба, по положенію, соответствуютъ концы осей 4-го порядка, — въ проекціяхъ классовъ XXXI, XXX и XXVIII и соответствуютъ концы осей 2-го порядка.

Плоскость октаэдра пересѣкаетъ всѣ три кристаллографическія оси на равныхъ разстояніяхъ, она *перпендикулярна оси симметрии 3-го порядка*, она повторяется, по условиямъ симметрии классовъ XXXII, XXX и XXIX, *восемь* разъ, образуя *октаэдръ*, въ классахъ XXXI и XXVIII она повторяется *четыре* раза, въ попеременно расположенныхъ октантахъ, образуя *тетраэдръ*.

Плоскость ромбического додекаэдра, по условиямъ симметрии *всѣхъ* классовъ кубической системы, повторяется *двенадцать* разъ.

Плоскость трапецоэдра, сравн. фиг. 47а на стр. 23, въ *одномъ октантѣ* повторяется *три* раза, но полученная такимъ образомъ группа

плоскостей повторяется *во всѣхъ восьми октантахъ*, по условіямъ симметріи классовъ XXXII, XXX и XXIX, при чемъ получается *икоситетраэдръ*, фиг. 47b на стр. 23; по условіямъ симметріи классовъ XXXI и XXVIII эта группа изъ трехъ плоскостей повторяется лишь въ *четыре*хъ октантахъ, попеременно расположенныхъ, при чемъ получается форма, ограниченная двѣнадцатью гранями, *пирамидадьный тетраэдръ*, см. фиг. 86 на стр. 47.

Плоскость пирамидадьнаго октаэдра, сравн. фиг. 48a на стр. 23, повторяется въ одномъ октантѣ *три* раза, полученная такимъ образомъ группа плоскостей повторяется *во всѣхъ восьми октантахъ*, по условіямъ симметріи классовъ XXXII, XXX и XXIX, при чемъ получается *пирамидадьный октаэдръ*, фиг. 48b на стр. 24; по условіямъ симметріи классовъ XXXI и XXVIII, эта группа изъ трехъ плоскостей повторяется лишь въ *четыре*хъ октантахъ, попеременно расположенныхъ, при чемъ получается дельтоидъ-додекаэдръ, см. фиг. 84, на стр. 46.

Плоскость пирамидадьнаго куба, см. фиг. 50 на стр. 24. по условіямъ симметріи классовъ XXX и XXVIII, повторяется двѣнадцать разъ, сравн. фиг. 103 и 104 на стр. 50, образуя пентагонадьный додекаэдръ, въ классахъ XXXII, XXXI и XXIX она встрѣчается двадцать четыре раза, образуя пирамидадьный кубъ.

Грань 48-гранника, то есть, плоскость, пересѣкающая всѣ три оси координатъ на различныхъ разстояніяхъ. въ зависимости отъ условій симметріи, повторяясь соотвѣтствующимъ образомъ, даетъ въ XXXII классѣ гексакись-октаэдръ, въ XXXI классѣ :ексакись-тетраэдръ, въ XXX классѣ діакись-додекаэдръ, въ XXIX классѣ пентагонадьный икоситетраэдръ, въ XXVIII классѣ тетраэдрический пентагонадьный додекаэдръ: первая изъ этихъ формъ ограничена сорока-восемью плоскостями, три послѣдующія — ограничены двадцатью четырьмя гранями, послѣдняя — двѣнадцатью гранями.

Сравнивая фиг. 503, провѣцію представителя XXXII класса, 48-гранника, съ фиг. 452 и 453, изображающими провѣціи комбинацій формъ кубической системы, мы видимъ, что провѣціи граней *октаэдра*, *куба*, *ромбическаго додекаэдра* располагаются соотвѣтственно въ мѣстахъ выхода на сферѣ провѣцій осей 3-го, 4-го и 2-го порядка; провѣціи граней трапецоэдра расположены въ провѣціяхъ зонъ, между провѣціями граней куба и октаэдра; провѣціи граней пирамидадьнаго куба расположены въ провѣціяхъ зонъ, между провѣціями граней куба и ромбическаго додекаэдра; провѣціи граней пирамидадьнаго октаэдра расположены въ провѣціяхъ зонъ между провѣціями граней октаэдра и ромбическаго додекаэдра — все это согласно со схемою Науманна (стр. 33). Провѣціи граней 48-гранника на фиг. 503 показаны отдѣльно, такъ какъ здѣсь

другія формы кубической системы отсутствуют, для точнаго опредѣленія положенія граней 48-гранника относительно другихъ формъ, входящихъ въ комбинацію, необходимо опредѣлить зоны, соотвѣтствующія этимъ гранямъ, какъ мы дѣлали при изученіи фиг. 453.

Припоминая все то, что мы говорили выше о соотношеніи формъ кубической системы съ 48-гранникомъ, также, имѣя въ виду схему Науманна, мы легко опредѣлимъ положеніе проэкціи каждой данной грани формъ кубической системы. На фиг. 503 мы имѣемъ проэкціи граней 48-гранника hkl , khl , lkh , klh ... напр. 421, 241, 142, 214 и т. д. въ зависимости отъ положенія каждой данной грани относительно осей координатъ — эти грани, очевидно, всѣ расположены въ правомъ верхнемъ октантѣ — пары граней, напр., hkl и hlk , расположенныя ближе къ оси XX , въ случаѣ $k=l=1$, $h>1$, напр., 211, сливаются въ отдѣльныя грани 24-гранника, трапезоэдра, равнымъ образомъ пары точекъ проэкцій, сливаются въ отдѣльныя точки проэкцій, напр. 1... 5... и т. д. на фиг. 453, расположенныя въ зонѣ между o и a , проэкціями граней октаэдра и куба. При $k=h=l$ всѣ шесть точекъ, симметрично расположенныя около оси 3-го порядка на фиг. 503, сливаются въ одну точку o , проэкцію грани октаэдра $\{111\}$, см. фиг. 452 и 453. При $h=l$, $k=0$ или при $k=l$, $h=0$ и т. д., группы изъ четырехъ точекъ, симметрично расположенныя около оси 2-го порядка, сливаются въ отдѣльныя точки r , проэкціи ромбическаго додекаэдра $\{110\}$, см. фиг. 452 и 453; при $h=k=0$ и $l=1$, или $h=1$, $k=l=0$ и т. д., группы изъ восьми точекъ, симметрично расположенныя около оси 4-го порядка, сливаются въ отдѣльныя точки a , проэкціи куба. Мы уже видѣли (стр. 234 и 235), что точки, соотвѣтствующія проэкціямъ граней пирамидальнаго куба $\{hk0\}$, располагаются между a и r , равнымъ образомъ проэкціи граней пирамидальнаго октаэдра $\{hll\}$ располагаются между o и r .

Мы заключимъ наши соображенія о формахъ кубической системы, въ общемъ видѣ, слѣдующимъ образомъ:

- грань (100) или (010) и т. д. должна повторяться во *всѣхъ* классахъ этой системы *шесть* разъ;
- грань (111) должна повторяться въ *двухъ* классахъ лишь *четыре* раза, въ *трехъ* классахъ она должна повторяться *восемь* разъ;
- грань (110) или 101) и т. д. должна повторяться во *всѣхъ* классахъ этой системы *дванадцать* разъ;
- грань ($hk0$) или ($h0l$) и т. д. должна повторяться въ *двухъ* классахъ этой системы *дванадцать* разъ, въ *трехъ* классахъ — *двадцать четыре* раза;

грани (hhl) или (hll) и т. под. въ *двухъ* классахъ этой системы должны повторяться *двенадцать* разъ, въ *трехъ* классахъ должны повторяться двадцать четыре раза; грани (hkl) въ *одномъ* классѣ этой системы должны повторяться *сорокъ восемь* разъ, въ *трехъ* классахъ должны повторяться *двадцать четыре* раза, въ *одномъ* классѣ—*двенадцать* разъ.

Аналогичныя соображенія мы можемъ примѣнить къ каждой другой системѣ.

Для примѣра мы рассмотримъ условія существованія формъ, соответствующихъ симметріи класса тригональнаго трапецоэдра, XVIII, фиг. 489 на стр. 253. На фиг. 489 направление боковыхъ осей указано стрѣлками, главная ось, въ проэкціи, выражена треугольникомъ въ центрѣ круга, сравн. фиг. 206 и 224; мы знаемъ, что вертикальная ось совпадаетъ съ осью симметріи 3-го порядка, боковыя оси совпадаютъ съ осями симметріи 2-го порядка.

Плоскость основного пинакоида, пересекающая, какъ извѣстно, вертикальную ось и параллельная боковымъ осямъ (0001), повторяется, очевидно, еще разъ, вслѣдствіе существованія осей симметріи 2-го порядка, въ видѣ плоскости ($000\bar{1}$).

Плоскость призмы первого рода ($10\bar{1}0$), соответствующая, по положенію, $X-W$ на фиг. 223, вслѣдствіе существованія оси симметріи 2-го порядка $X-X$, повторяется еще разъ, въ видѣ плоскости ($1\bar{1}00$), соответствующей, по положенію, $X-Y$, а эта пара граней, по условію существованія вертикальной оси 3-го порядка, повторяется еще *три* раза соответственно — YW и $W-X$, — XY и $Y-W$, слѣдовательно, въ этомъ классѣ плоскость призмы 1-го рода повторяется *шесть* разъ, сравн. фиг. 270.

Плоскость призмы второго рода, напр. ($2\bar{1}\bar{1}0$), перпендикулярная оси $XO-X$ на фиг. 223, сравн. также фиг. 215b, по условію существованія осей 2-го порядка не повторяется, будучи перпендикулярна къ такой оси; по условію существованія оси симметріи 3-го порядка, эта плоскость повторяется *три* раза, занимая положенія перпендикулярныя осямъ $WO-W$ и $YO-Y$, такимъ образомъ получаютъ еще плоскости ($\bar{1}\bar{1}20$) и ($\bar{1}2\bar{1}0$), слѣдовательно, въ этомъ классѣ плоскость призмы 2-го рода повторяется *три* раза, сравн. фиг. 275 и 276.

Плоскость пирамиды первого рода, напр. ($h0\bar{h}l$), 1 на фиг. 206 и 223, при условіи существованія боковой оси симметріи 2-го порядка повторяется еще одинъ разъ, принимая положеніе напр. плоскости 8 на фиг. 206, сравн. также фиг. 247; при условіи существованія оси

симметріи 3-го порядка вертикальной оси, эта пара граней должна повторяться *три* раза, въ порядкѣ, соотвѣтствующемъ расположенію граней въ *ромбоэдръ 1-го рода*, сравн. фиг. 248 и 269.

Плоскость пирамиды второго рода, напр. $(2\bar{h}\bar{h}\bar{h}2l)$ при существованіи боковой оси симметріи 2-го порядка повторяется въ видѣ грани $(2\bar{h}\bar{h}\bar{h}2l)$, очевидно, получаются двѣ грани, пересѣкающія вертикальную ось, соотвѣтственно $2l$ и $\bar{2}l$, сверху и снизу, онѣ пересѣкаются взаимно въ ребрѣ, перпендикулярномъ оси 2-го порядка, расположенномъ въ основіи системѣ; при существованіи оси 3-го порядка эта пара осей встрѣчается *три* раза, сравн. фиг. 272, такимъ образомъ получается тригональная бипирамида 2-го рода.

Плоскость дигексагональной призмы, напр., $(h\bar{k}i0)$, по условію существованія оси боковой 2-го порядка, повторяется еще разъ въ видѣ плоскости $(h\bar{k}i0)$, такая пара плоскостей, по условію существованія вертикальной оси симметріи 3-го порядка, встрѣчается *три* раза, у концовъ осей, напр., X , W , Y , фиг. 224, такимъ образомъ получается дитригональная призма, сравн. фиг. 273 и 274.

Плоскость дигексагональной пирамиды, напр., $(h\bar{k}il)$, по условію существованія боковой оси симметріи 2-го порядка, встрѣчается еще разъ, напр., въ видѣ плоскости $(h\bar{k}i\bar{l})$, сравн. фиг. 264; такая пара плоскостей, по условію существованія вертикальной оси симметріи 3-го порядка, встрѣчается *три* раза, сравн. фиг. 265 и 266, такимъ образомъ получается тригональный трапецоэдръ.

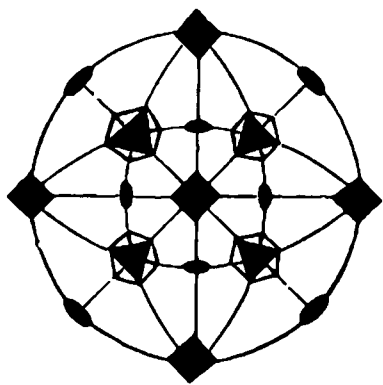
Разсматривая условія симметріи класса XVIII, тригональнаго трапецоэдра, также различные случаи симметріи классовъ, соотвѣтствующихъ геміэдри и тетартоэдри кубической системы, мы вновь имѣли случай убѣдиться въ томъ обстоятельстве, что многія кристаллографическія формы, подвергаясь геміэдри или тетартоэдри, не измѣняютъ своей внѣшней формы.

Поставимъ кубъ такимъ образомъ, чтобы одна изъ осей симметріи 3-го порядка, совпадающая по направленію съ діагональю куба, была перпендикулярна къ поверхности зеркала. Тогда, кромѣ трехъ верхнихъ граней куба, видимыхъ непосредственно и сходящихся у верхняго конца вертикально поставленной оси, мы въ зеркалѣ увидимъ отраженіе трехъ нижнихъ граней куба, сходящихся у нижняго конца той же оси. При такихъ условіяхъ, ось простой симметріи 3-го порядка дѣлается осью сложной симметріи 6-го порядка, такъ какъ, при послѣдовательныхъ поворотахъ куба на одну шестую часть окружности, грань его будетъ располагаться по направленію трехъ верхнихъ граней непосредственно и по направленію трехъ нижнихъ граней, послѣ отраженія ихъ въ зер-

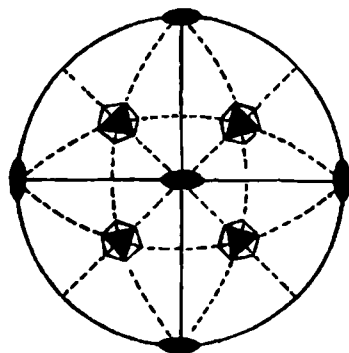
калѣ. То, что сказано здѣсь относительно куба, имѣетъ значеніе, очевидно, непосредственно для ромбоэдра 1-го рода, также для ромбоэдровъ 2-го и 3-го рода. Въ системѣ кубической, кромѣ многогранныхъ формъ, такія же оси симметріи 6-го порядка существуютъ у формъ, обладающихъ симметриєю преломленного пентагональнаго додекаэдра.

Разсматривая формы, обладающія симметриєю преломленного пирамидальнаго тетраэдра, мы опредѣляемъ въ нихъ оси сложной симметріи 4-го порядка — оси эти совпадаютъ по направленію съ осями 2-го порядка простой симметріи; въ квадратной системѣ существованіе такихъ же осей симметріи опредѣляется у формъ, обладающихъ симметриєю, скаленоедра, кромѣ того, какъ уже было отмѣчено въ своемъ мѣстѣ, у формъ, принадлежащихъ классу сфеноида 3-го рода (тетартэдриа сфеноидическая). Наконецъ, у многогранныхъ формъ асимметрической системы можно замѣнить осью сложной симметріи 2-го порядка единственный элементъ симметріи, центръ—можно также, одновременно, принимать въ формахъ этого класса существованіе и центра симметріи, и оси сложной симметріи 2-го порядка.

Всѣ случаи существованія осей сложной симметріи 6-го и 4-го порядка представлены на прилагаемыхъ проэкціяхъ соотвѣствующихъ классовъ, при чемъ для осей сложной симметріи сдѣланы обозначенія, понятныя, конечно, безъ особыхъ объясненій. Всѣ эти проэкціи удобнѣе разсматривать, сопоставляя ихъ съ соотвѣствующими, данными выше. Такъ, фиг. (504) соотвѣтствуетъ фиг. 503. Чтобы не усложнять рисунокъ,



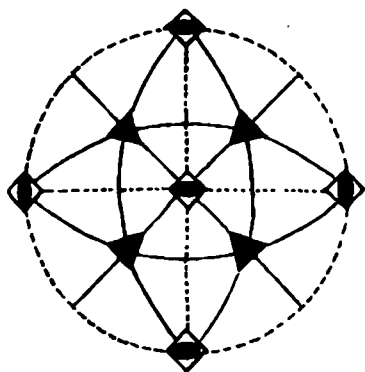
Фиг. 504.



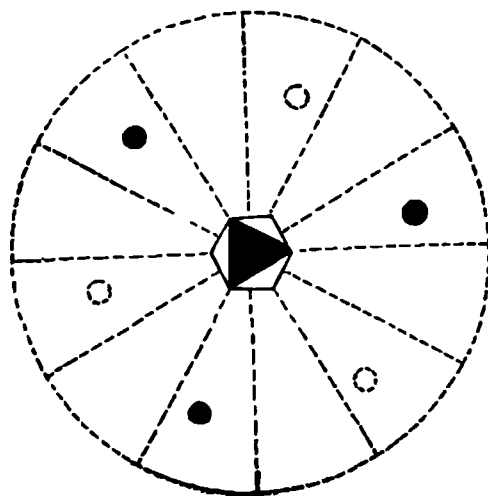
Фиг. 505.

на фиг. (504) мы ограничиваемся изображеніемъ, въ проэкціи, положенія осей и плоскостей симметріи—въ отличіе отъ фиг. 503, здѣсь мы имѣемъ для осей симметріи 3-го порядка также особое обозначеніе, соотвѣствующее ихъ опредѣленію, какъ осей сложной симметріи 6-го порядка: въ видѣ правильнаго шести-угольника, описаннаго около правильнаго треугольника.

На другихъ чертежахъ проэкцій аналогичнымъ образомъ связаны обозначеніемъ оси сложной симметріи 4-го порядка квадратами, внутри которыхъ помѣщены эллипсы, соответствующіе положенію



Фиг. 506.



Фиг. 507.

осей 2-го порядка обыкновенной симметріи. Фиг. 505 и 506 соответствуют фиг. 501 и 502; фиг. 507 соответствует фиг. 488.

Опечатки.

Стран.	Строка.	Напечатано.	Должно быть.
18	3 снизу	$(h\ k, k)$	$(h\ k\ k)$
22	11 снизу	$1-1$	1
28	13 сверху	трехгранныхъ	четырегранныхъ
28	5 снизу	соотвѣтствующихъ	соотвѣтствующихъ
36			фиг. 61 повернута на 90° .
53	6 сверху	$h=m\ k=n$	$h=m, k=n$
60	4 снизу	видѣли	видѣли
62	3 сверху	Октадръ	Октадръ
65	5 сверху	$(1\ \bar{2}\ 3)$	$(\bar{1}\ \bar{2}\ 3)$
84	2 сверху	разсматривать	разсматривать
94	17 сверху	$L\ \{h\ k\ l\}$	$L\ \{h\ k\ l\}$
104			въ фигурѣ 207 должно быть $60^\circ-\alpha$, а не $50^\circ-\alpha$
119	23 сверху	$\pi\ \{h\ i\ k\ l\}$	$\pi\ \{h\ i\ \bar{k}\ l\}$
»	»	$\pi\ \{h\ \bar{k}\ i\ l\}$	$\pi\ \{h\ \bar{k}\ i\ l\}$
122	6 снизу	$\pi\ \{h\ i\ \bar{k}\ l\}$	$\{h\ \bar{k}\ i\ O\}$
		$\{h\ i\ \bar{k}\ l\}$	$\{h\ \bar{k}\ i\ O\}$
»		$\left[\frac{mPn}{2}\right]$	$\left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$
124	5 сверху.	границы s	границы h
128	9 снизу	$r_2\ \{\bar{1}011\}$	$r_2\ \{\bar{1}101\}$
147		тригональная	тригональная
150	14 сверху	соединения	соединения
156	21 сверху	0 8130	0 . 8130
162	22 сверху	$a : n\bar{b} : mc' = mPn$	$\alpha : n\bar{b} : mc' = m\ P\bar{n}$
»	23 »	$\bar{a} : \bar{b} : mc'$	$\alpha : \bar{b} : mc'$
»	24	$\bar{a} : n\bar{b} : mc'$	$\alpha : m\bar{b} : mc'$
162	12 сверху	$a : \infty b : mc'$	$\alpha : \infty \bar{b} : mc'$