

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, 2024. – 268 с.

ISBN 978-5-458-58477-7

ISBN 978-5-458-58477-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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.

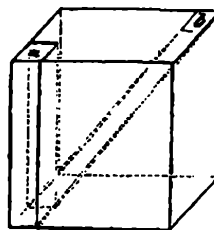
Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

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.

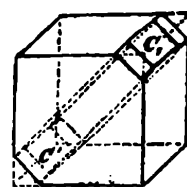
Кристаллографією називається ученіє о геометрическихъ, физическихъ и химическихъ свойствахъ *кристаллизованныхъ* тѣлъ. Тѣло кристаллизованное характеризуется своею полною однородностью: каждый обломокъ такого тѣла, какъ бы онъ малъ ни былъ, обладаетъ физическими и химическими свойствами, характерными 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, которымъ подчиненно распредѣленіе 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 (*a*), параллельно діагонали куба (*b*), параллельно линіи, соединяющей середины реберъ (фиг. 2, *C*, *C'*)—опытъ показывается, что эти три параллелопипеда обнаруживаютъ различную степень упругости. Стекло представляетъ типичный образецъ аморфныхъ тѣлъ, такъ какъ упругость и другія физическія свойства выражаются въ

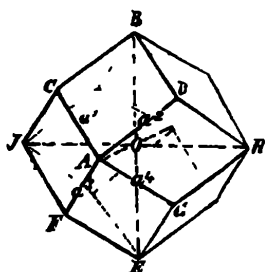


Фиг. 1.



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, которые можно разсматривать, какъ предѣлы ступенчатыхъ образований, 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 описаніе 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*.

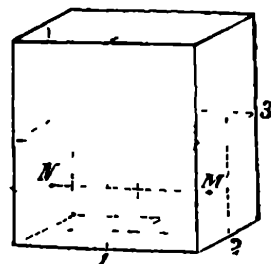
Разсматривая форму кристалла, независимо отъ вещества, которому

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 симметриєю 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 .

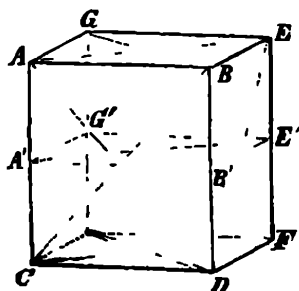
Итакъ, въ кубѣ мы проводимъ девять плоскостей симметріи:

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;

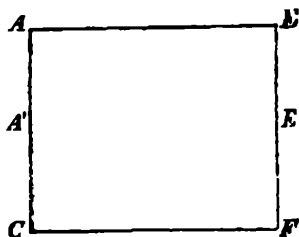


Фиг. 4.

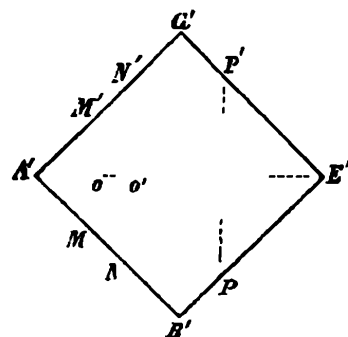
б) шесть плоскостей симметріи перпендикулярныя плоскостямъ куба и проходящія черезъ его ребра (фиг. 5) — представимъ себѣ сѣченіе $A'B'E'G'$ перпендикулярное одной изъ такихъ



Фиг. 5.



Фиг. 6 а.

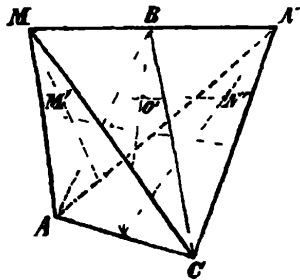


Фиг. 6 б.

плоскостей симметріи $ACEF$ (фиг. 5, фиг. 6а и фиг. 6б); очевидно, здѣсь (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.

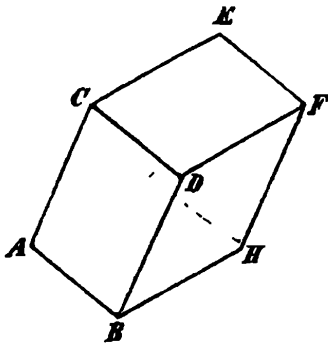
Въ тетраэдрѣ мы опредѣляемъ шесть плоскостей симметріи, каждая изъ вихъ проходитъ черезъ ребро тетраэдра перпендикулярно двумъ плоскостямъ ограниченія, такимъ образомъ она дѣлитъ пополамъ другое ребро тетраэдра, напр.: (фиг. 7) плоскость симметріи ABC проходитъ черезъ AC перпендикулярно плоскостямъ ограниченія 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' .

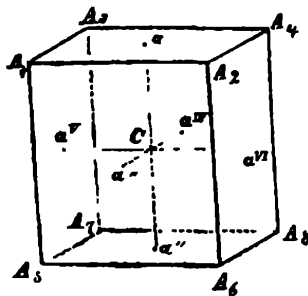
Въ косой призмѣ съ ромбоидальнымъ основаніемъ (фиг. 8), пользуясь приемами аналогичными предыдущимъ, мы не можемъ провести ни одной плоскости, которая удовлетворяла бы условіямъ, опредѣляющимъ плоскость симметріи.



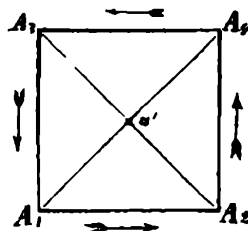
Фиг. 8.

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. 9а.



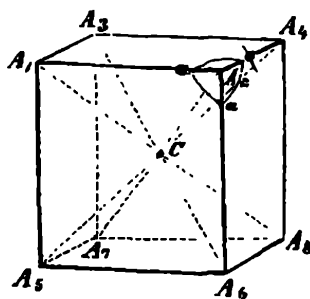
Фиг. 9б.

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

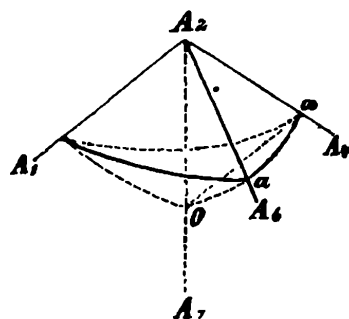
этомъ (фиг. 9б), если линіи $A_1 A_2$, $A_2 A_4$, $A_4 A_3$, $A_3 A_1$ суть горизонтальныя ребра куба, то ребро, напр., $A_1 A_2$, послѣдовательно занимаетъ положеніе реберъ $A_2 A_4$, $A_4 A_3$, $A_3 A_1$ и, наконецъ, первоначальное $A_1 A_2$, при вращеніи куба около оси $a^I a^{II}$ по направленію,

указанному стрѣлками. Очевидно, при такихъ поворотахъ, вертикальныя ребра куба мѣняють 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 осей: 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

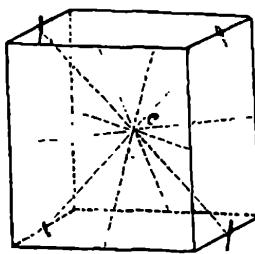


Фиг. 10 а.

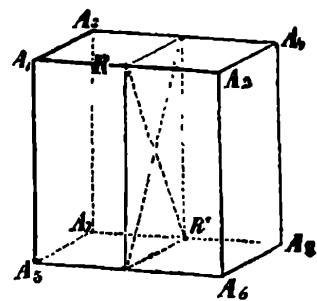


Фиг. 10 б.

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.



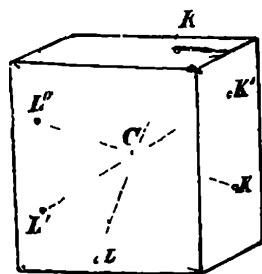
Фиг. 11 а.



Фиг. 11 б.

Кромѣ плоскостей и осей симметріи, мы находимъ въ кубѣ еще одинъ элементъ симметріи: *центр симметріи* C . 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 бу-



Фиг. 12.

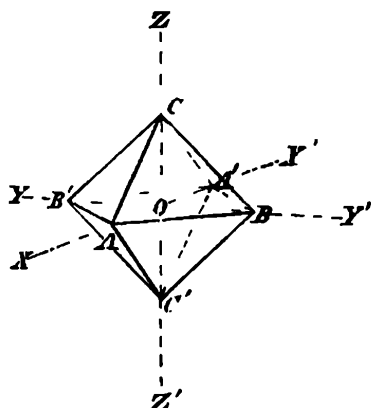
детъ вполнѣ соотвѣтствовать точкѣ K (тоже справедливо по отношенію K' , K''). Слѣдовательно, въ кубѣ мы опредѣляемъ три плоскости симметріи параллельныя плоскостямъ ограниченія его и шесть плоскостей симметріи, проходящія чрезъ діагонали плоскостей ограниченія, мы обозначимъ эти плоскости симметріи соотвѣтственно $3P$ и $6P'$; кромѣ того, мы опредѣляемъ три оси симметріи четвертаго порядка $3L^4$, четыре оси симметріи третьяго

порядка $4L^3$, и шесть осей симметріи второго порядка $6L^2$; также опредѣляемъ центр симметріи C .

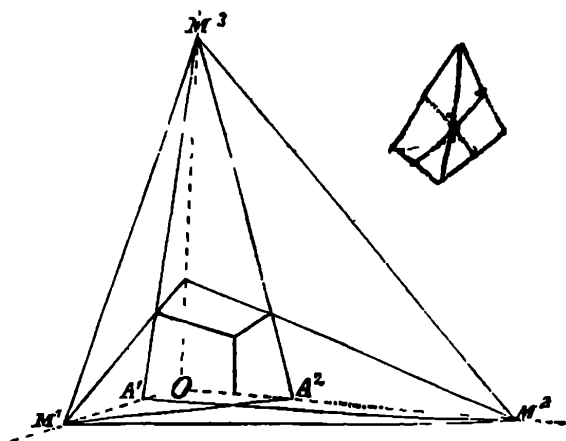
Въ тетраэдрѣ всѣ плоскости симметріи располагаются одинаково относительно элементовъ ограниченія кристалла, три оси 2-го порядка проходятъ чрезъ середины реберъ, четыре оси 3-го порядка проходятъ чрезъ вершины трехгранныхъ угловъ и середины противоположныхъ плоскостей. центръ симметріи отсутствуетъ.

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 имѣ. противоположные; при этомъ положеніе плоскостей, ограничивающихъ кристаллъ, опредѣляется отрезками 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, относятся какъ *простыя рациональныя* 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; $m, n, p, \dots x$ отрѣзки этихъ плоскостей по тремъ осямъ, выраженные въ какой нибудь мѣрѣ длины, мы имѣемъ:

$$\left. \begin{array}{l} m : m_1 : m_2 \\ n : n_1 : n_2 \\ p : p_1 : p_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} m_x \\ n_x \\ p_x \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{напр., какъ} \\ 1 \quad 2 \quad 3 \\ 1/2 : 1/3 : 1/4 \end{array} \right. \quad \text{и т. под.}$$

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 рациональными числами, напр.

$$\begin{aligned} m : m_1 &= 30 : 24, \\ p : p_1 &= 10 : 16; \end{aligned}$$

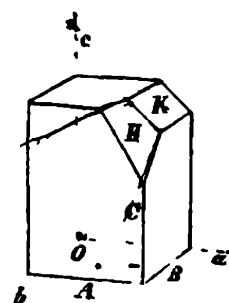
если K параллельно оси b , то можетъ быть

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

Съ другой стороны, очевидно

$$\begin{aligned} m : n : p &= 30 : 20 : 10 = 3 \quad 2 \quad 1 \\ \text{и} \quad m_1 : n_1 : p_1 &= 24 : \infty : 16 = 3/2 : \infty : 1. \end{aligned}$$

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-



Фиг. 14b.

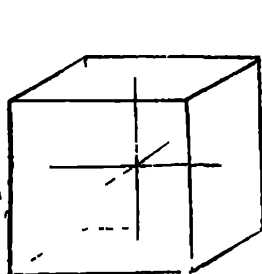
нымъ основаніемъ мы проводимъ оси кристаллографическія, но не можемъ опредѣлить ни одной оси симметріи. Величина кристаллографическихъ осей принимается единицею мѣры для опредѣленія параметровъ плоскостей. При этихъ условіяхъ, какъ мы видѣли, величины параметровъ плоскостей относятся, какъ простые рациональныя числа: это основное положеніе кристаллографіи является результатомъ всѣхъ наблюденій, произведенныхъ надъ кристаллами, и приводитъ къ важнымъ заключеніямъ. Законъ рациональности 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 рациональность 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*.

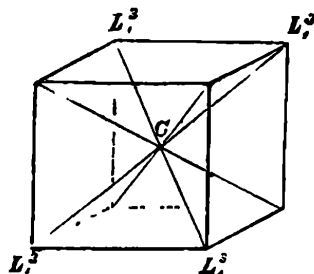
Мы будемъ различать всего *шесть* кристаллографическихъ системъ; въ послѣдствіи, принимая въ расчетъ формы производныя, мы подраздѣляемъ эти *шесть системъ* на *тридцать два класса*. Первоначально мы познакомимся съ характеромъ симметріи системъ, не подраздѣляя ихъ на классы. Мы имѣемъ слѣдующія кристаллографическія 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.

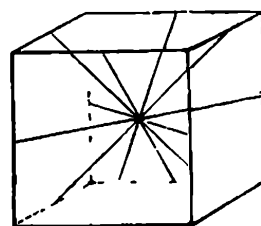
Представителемъ симметріи кубической системы можетъ служить кубъ (фиг. 15, 16, 17, 18 и 19), нѣмъ мы опредѣляемъ центръ сим-



Фиг. 15.

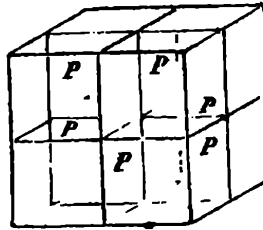


Фиг. 16.

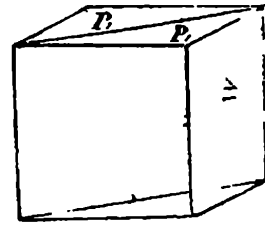


Фиг. 17.

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



Фиг. 18.

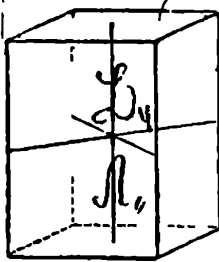


Фиг. 19.

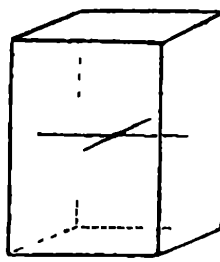
$$C, 3L^4, 4L^3, 6L^2, 3P, 6P'.$$

II. Система квадратная или тетрагональная.

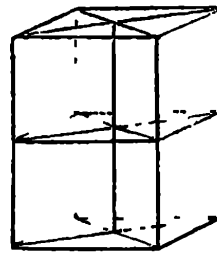
Представителемъ симметрии квадратной системы можетъ служить прямая призма съ квадратнымъ основаніемъ (фиг. 20, 21, 22, 23): въ



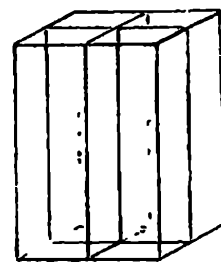
Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.



Фиг. 23.

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

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

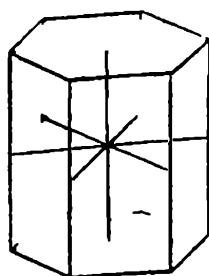
Плоскость симметрии Π заключаетъ въ себѣ оси L^2 и оси L_1^2 , остальные плоскости симметрии располагаются перпендикулярно этой плоскости — она называется *главною плоскостью симметрии*, ось Δ^4 , перпендикулярная этой плоскости, называется *главною осью симметрии*.

Общій символъ квадратной системы

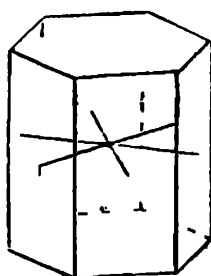
$$C, \Delta^4, 2L^2, 2L_1^2, \Pi, 2P, 2P'$$

III Система гексагональная

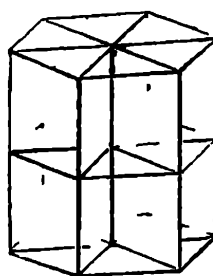
Представителемъ симметрии этой системы можетъ служить прямая призма съ гексагоналичнымъ основаниемъ (фиг 24, 25, 26, 27), въ ней мы опредѣлимъ центръ симметрии C , ось шестого порядка Δ^6 , которая соединяетъ середины оснований призмы (фиг 24), три оси второго порядка $3L^2$, которыя соединяютъ середины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



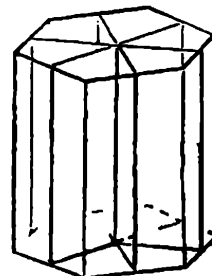
Фиг. 24.



Фиг 25.



Фиг 26



Фиг 27

Π направляется перпендикулярно всѣмъ шести вертикальнымъ плоскостямъ призмы (фиг 26), три плоскости симметрии P проходятъ чрезъ 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 Δ^6 , перпендикулярная ей, называется *главною осью симметрии*. Общій символъ гексагональной системы

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