

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Установка кристаллов

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Перейдем к ознакомлению с *выбором кристаллографических осей и единичных граней*, т.е. с правилами *установки кристаллов* различных сингоний.

При этом обратим внимание на углы между кристаллографическими осями и на отношения отрезков, отсекаемых на этих осях единичной гранью.

Указанные величины в дальнейшем сокращенно обозначаются следующим образом:

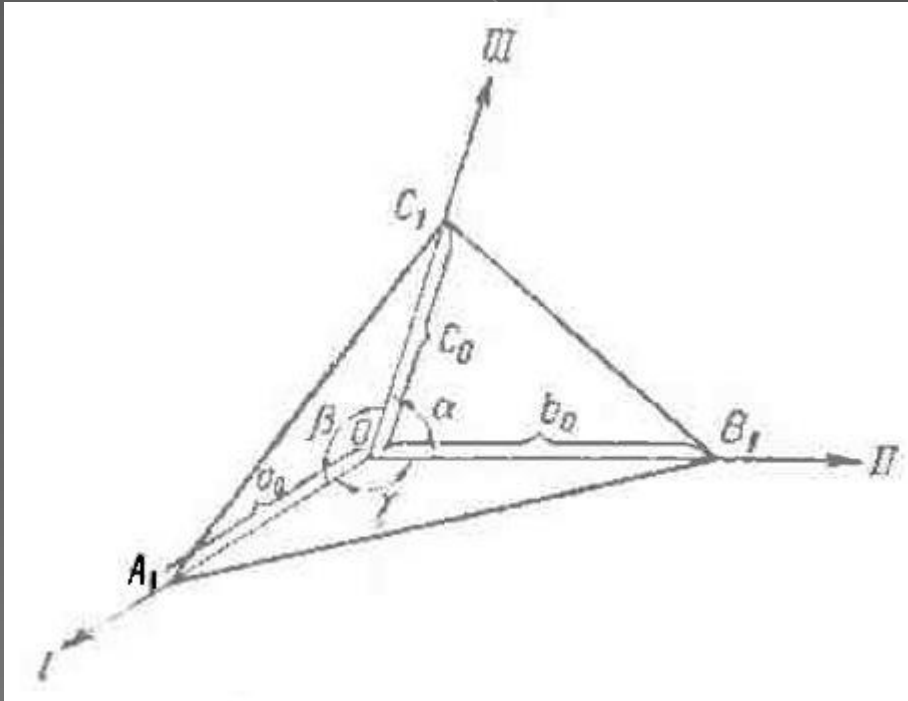
$$\angle YZ (\angle OII - OIII) = \alpha;$$

$$\angle XZ (\angle OI - OIII) = \beta;$$

$$\angle XY (\angle OI - OII) = \gamma;$$

$$OA_1 = a_0; OB_1 = b_0; OC_1 = c_0$$

Углы α , β , γ и отношение $a_0:b_0:c_0$ называются *геометрическими константами кристалла*.



Кристаллография и основы кристаллохимии

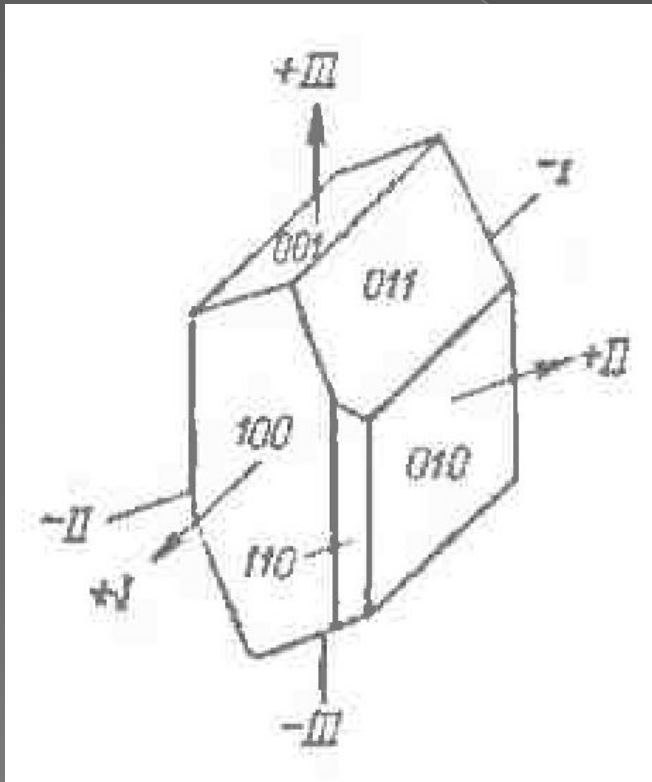
Лекция №8.

Установка триклинных кристаллов

Вследствие отсутствия в кристаллах триклинной сингонии осей и плоскостей симметрии, кристаллографические оси выбираются здесь по трем непараллельным друг другу ребрам кристалла.

В результате получаем косоугольную систему координат: $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$.

Отрезки, отсекаемые единичной гранью на трех кристаллографических осях, также не равны друг другу: $a_0 \neq b_0 \neq c_0$.



Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Установка моноклинных кристаллов

В кристаллах моноклинной сингонии всегда присутствуют либо одна L_2 , либо одна P , либо (при наличии C) и L_2 и P одновременно.

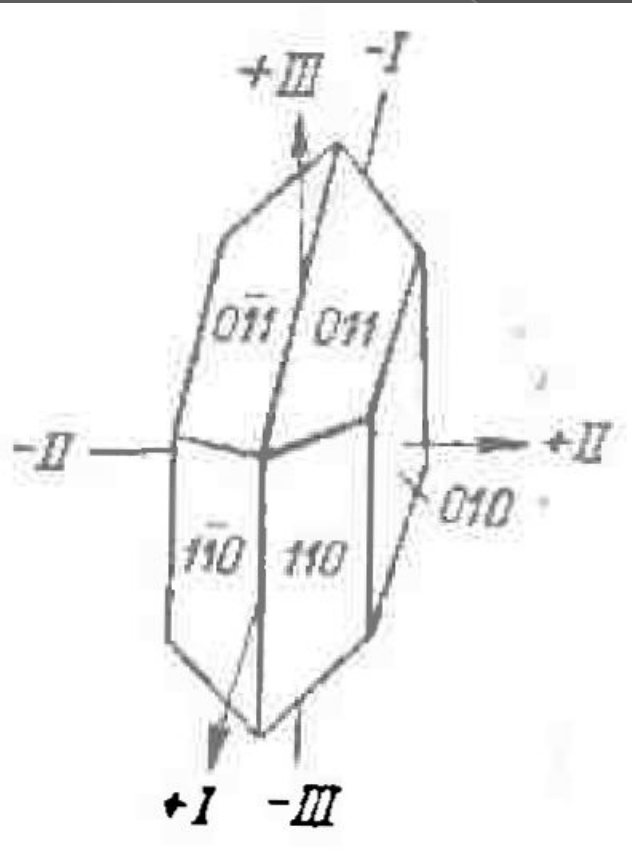
Вдоль L_2 или нормали к P проводится вторая кристаллографическая ось Y (OII) (L_2 или нормаль к P направляется горизонтально и параллельно зрителю).

Первая и третья оси выбираются в плоскости, перпендикулярной к Y (OII). При этом, они должны быть параллельны ребрам кристалла.

Следовательно, углы между кристаллографическими осями XY ($OI-OIII$) и YZ ($OII-OIII$) прямые ($\alpha=\gamma=90^\circ$), угол между XZ ($OI-OIII$) косой ($\beta\neq 90^\circ$).

Аналогично предыдущей сингонии единичная грань и здесь отсекает на трех осях разные отрезки $a_0\neq b_0\neq c_0$.

Итак, для характеристики моноклинного кристалла имеем следующие условия: $\alpha=\gamma=90^\circ\neq\beta$; $a_0\neq b_0\neq c_0$.



Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

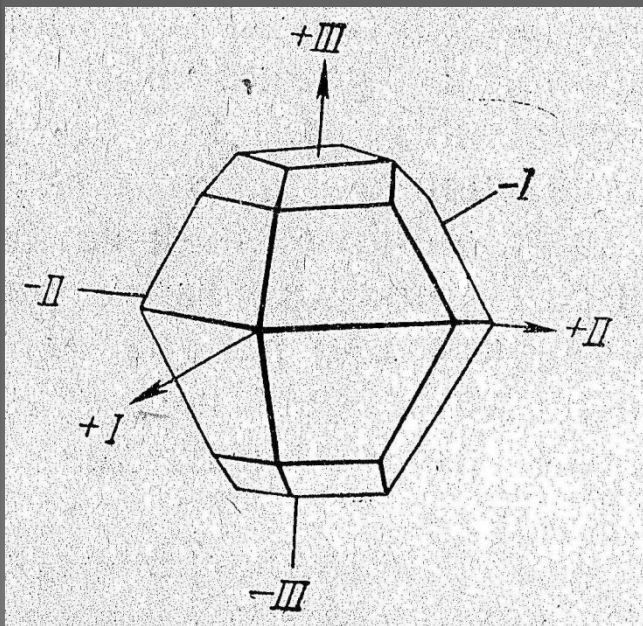
Установка ромбических кристаллов

Кристаллы ромбической сингонии всегда обладают тремя взаимно перпендикулярными единичными направлениями, совпадающими с L_2 или с нормальными к плоскостям симметрии. С этими единичными направлениями и совмещаются кристаллографические оси.

Одна из L_2 принимается за третью кристаллографическую ось Z и ставится вертикально. В планальном виде симметрии ромбической сингонии L_22P единственная L_2 всегда принимается за третью, т.е. вертикальную ось. Этот случай следует резко отделять от принятой здесь моноклинной установки, где единственная L_2 совмещается со второй кристаллографической осью, т.е. направляется горизонтально и параллельно наблюдателю. X и Y выбираются по двум другим единичным направлениям, причем первая ось направляется на зрителя.

В кристаллах ромбической сингонии кристаллографические оси образуют прямоугольную систему координат $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$.

Подобно кристаллам триклинной и моноклинной сингонии, единичная грань и здесь отсекает на трех осях разные отрезки $a_0 \neq b_0 \neq c_0$.



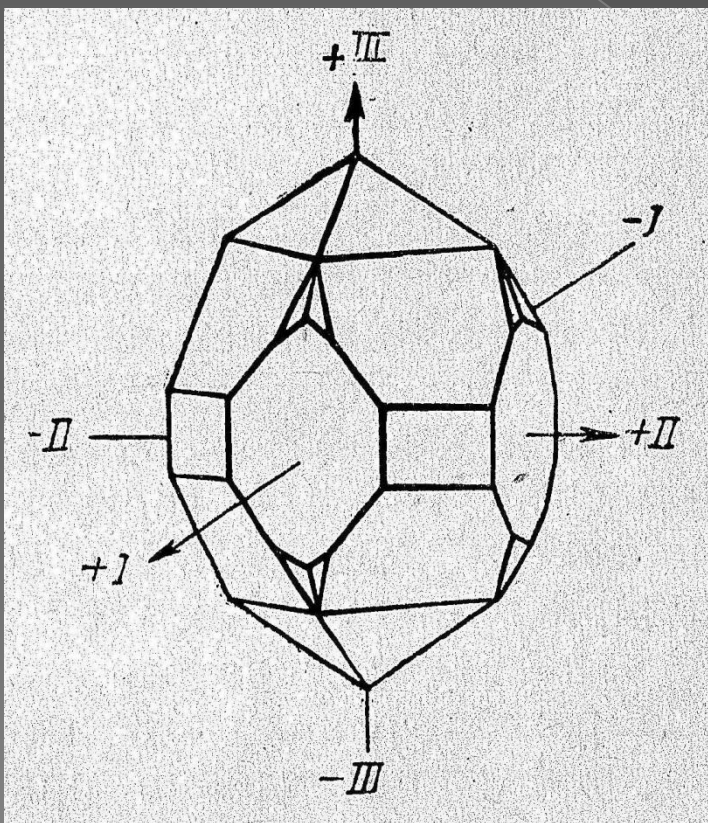
Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Установка тетрагональных кристаллов

В тетрагональных кристаллах всегда присутствует одна ось L_4 . Указанная ось ставится вертикально и принимается за третью кристаллографическую ось Z . Остальные две оси (X и Y) лежат в плоскости, перпендикулярной к Z , образуя между собой прямые углы. Эти горизонтальные оси совмещаются либо с L_2 , либо, в случае отсутствия таковых, с нормальми к вертикальным плоскостям симметрии, либо проводятся параллельно действительным или возможным ребрам кристалла.

Как видим, здесь не принимают участия единичные отрезки. Таким образом, тетрагональные кристаллы характеризуются следующими величинами: $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$; $a_0=b_0\neq c_0$.



Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

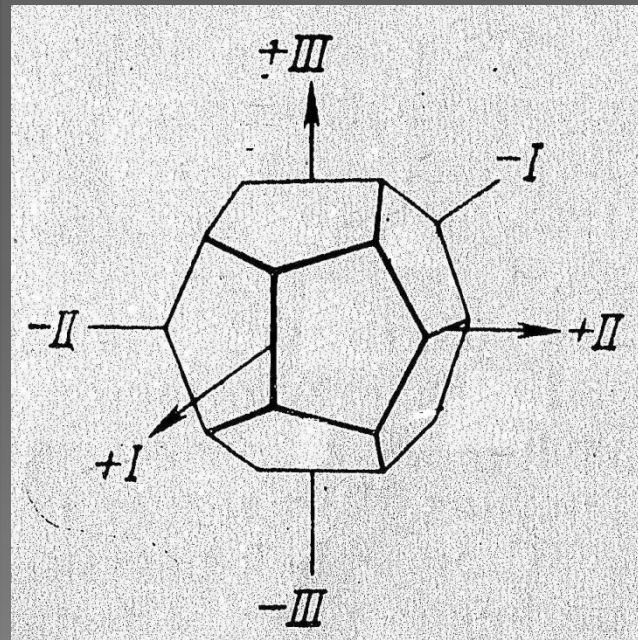
Установка кубических кристаллов

В кристаллах кубической сингонии (кроме $4L_3$) всегда присутствуют три взаимно перпендикулярные оси симметрии либо четвертого, либо второго порядка. Эти три оси принимаются за кристаллографические оси.

В случае наличия $3L_4$ кристаллографические оси проводятся по ним и только при отсутствии их, кристаллографические оси совмещаются с $3L_2$.

В противоположность предыдущим сингониям, установка кубических кристаллов является строго однозначной. Никакого произвола в выборе координатных осей здесь быть не может.

Итак, для всех кристаллов кубической сингонии:
 $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$; $a_0=b_0=c_0$.



Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Для определения символа грани кристалла кубической сингонии достаточно измерить ее параметры по трем кристаллографическим осям (выразив их в сантиметрах или миллиметрах) и взять обратные величины (значения единичных отрезков в выражение символа здесь не входят).

Далее рассмотрим символы некоторых форм кубической сингонии, знание которых обязательно.

При описании кристаллов полную совокупность всех граней одной простой формы принято условно характеризовать символом одной из ее граней, обладающим наибольшим количеством положительных индексов. Такой символ, условно относящийся к одной простой форме целиком, обычно заключается в фигурные скобки. Например, вместо шести символов граней куба (100) , (010) , (001) , $(\bar{1}00)$, $(0\bar{1}0)$ и $(00\bar{1})$ можно употреблять лишь – один $\{100\}$.

Гексаэдр (куб) $\{100\}$
Октаэдр (8 граней) $\{111\}$
Тетраэдр (4 грани) $\{111\}$
Ромбододекаэдр (12 граней) $\{110\}$

Кристаллография и основы кристаллохимии

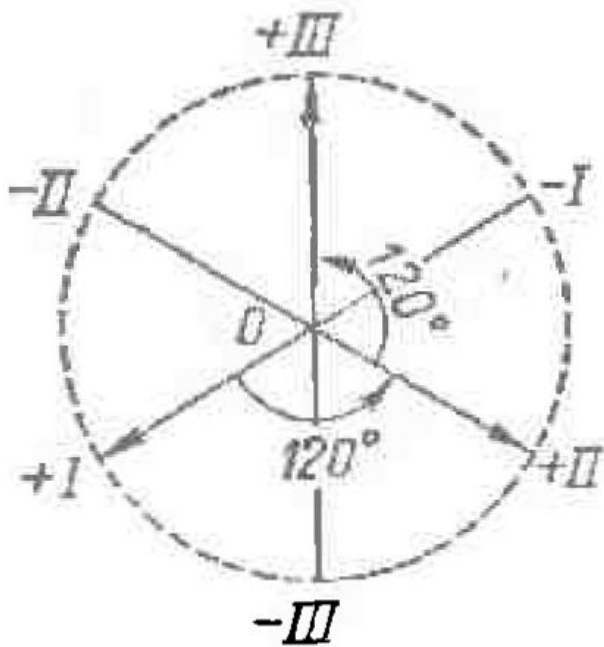
Лекция №8.

Установка тригональных и гексагональных кристаллов

Обособленно стоят тригональные и гексагональные кристаллы, в которых обычно выбираются четыре кристаллографические оси. При этом четвертая ось совмещается с вертикально направленной главной осью симметрии (L_3 , L_6).

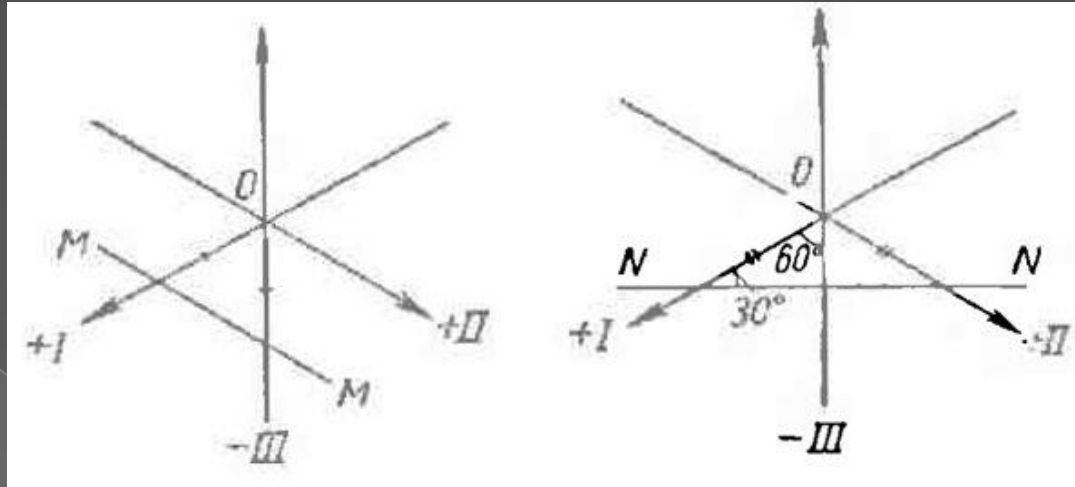
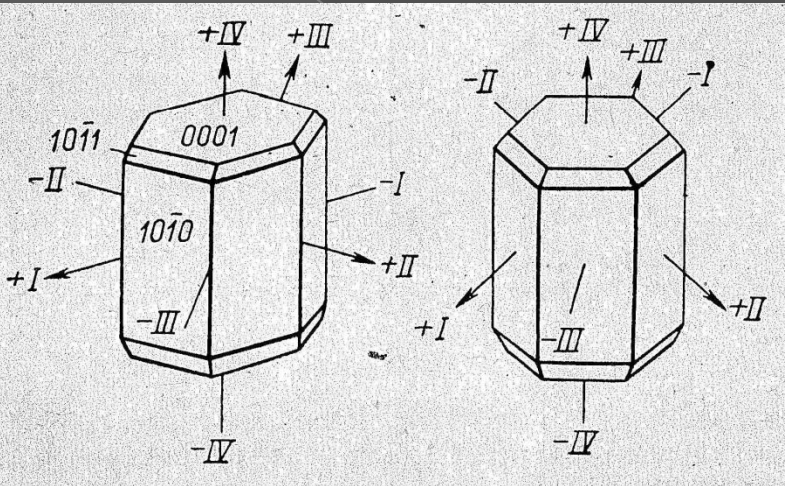
В плоскости, перпендикулярной к L_3 или L_6 всегда присутствуют три симметрично равных направления, принимаемые за первые три кристаллографические оси. Эти оси проводятся либо по L_2 , либо по нормальям к плоскостям симметрии, либо же параллельно ребрам кристалла.

На рисунке показано расположение трех первых кристаллографических осей, лежащих в горизонтальной плоскости. Как видно на рисунке, такие оси образуют между собой углы 120° , причем последовательность осей идет против часовой стрелки. Слева от зрителя располагается положительный конец первой оси, справа – положительный конец второй оси. На зрителя направляется отрицательный конец третьей оси.



Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.



Грань, отсекающая равные отрезки на двух соседних горизонтальных осях, образующих друг с другом угол 60° , проходит параллельно второй горизонтальной оси (грань MM). Символ грани MM ($10\bar{1}1$).

Грань, отсекающая равные отрезки на двух горизонтальных осях, образующих угол 120° , пересекает и третью горизонтальную ось (грань NN).

Легко сообразить, что отрезок по последней оси вдвое короче отрезков по двум другим кристаллографическим осям. Символ грани NN ($11\bar{2}1$).

Важно заметить, что алгебраическая сумма первых трех индексов всегда равна нулю.

Следовательно, определив, например, первый и второй индексы, мы можем найти третий простым подбором. Третий индекс равен сумме первых двух с обратным знаком. Таким образом, и здесь, как в других сингониях, по существу, определяются лишь три индекса: $\alpha=\beta=90^\circ$; $\gamma=120^\circ$; $a_0=b_0\neq c_0$.

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Категория	Сингония	Вид симметрии	Формула	Установка
Низшая	Триклинная	Примитивный	L_1	X, Y и Z параллельно трем непараллельным ребрам кристалла; $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
		Центральный	C	
	Моноклинная	Планальный	P	Ось Y совмещают с L_2 или перпендикулярно P, X и Z перпендикулярно P, либо параллельно ребрам; $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$
		Аксиальный	L_2	
		Планаксиальный	L_2PC	
	Ромбическая	Планальный	L_22P	Z совмещают с L_2 (обычно по удлинению кристалла), X и Y совмещают с осями L_2 или перпендикулярно к плоскостям симметрии; $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
		Аксиальный	$3L_2$	
		Планаксиальный	$3L_23PC$	

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Средняя	Тригональ ная	Примитивный	L_3	Z совмещают с L_3, оси X, Y и U – с осями L_2 (при их отсутствии – с перпендикулярами к P; при отсутствии P – параллельно ребрам); $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$
		Центральный	L_3C	
		Планальный	L_33P	
		Аксиальный	L_33L_2	
		Планаксиальный	L_33L_23PC	

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Средняя	Тетрагональ ная	Примитивный	L_4	Z совмещают с L_4 или L_{i4} , оси X и Y совмещают с осями L_2 (при их отсутствии – перпендикулярн о к P ; при отсутствии P – параллельно ребрам); $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
		Центральный	L_4PC	
		Планальный	L_44P	
		Аксиальный	L_44L_2	
		Планаксиальный	L_44L_25PC	
		Инверсионно-примитивный	$L_{i4}=L_2$	
		Инверсионно-планальный	$L_{i4}2L_22P$	

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Средняя	Гексагональ ная	Примитивный	L_6	Z совмещают с L_6 или L_{i6} , оси X, Y и U – с осями L_2 (при их отсутствии – с перпендикулярами к P; при отсутствии P – параллельно ребрам); $a_0 \neq b_0 \neq c_0$; $\alpha = \beta = 90^\circ$; $\gamma = 120^\circ$
		Центральный	L_6PC	
		Планальный	L_66P	
		Аксиальный	L_66L_2	
		Планаксиальный	L_66L_27PC	
		Инверсионно-примитивный	L_{i6}	
		Инверсионно-планальный	$L_{i6}3L_23P$	

Кристаллография и основы кристаллохимии

Лекция №8.

Высшая	Кубическая	Примитивный	$4L_3 3L_2$	X, Y, Z совмещают с осями L_4 (при их отсутствии с осями L_2); $a_0 = b_0 = c_0$; $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
		Центральный	$4L_3 3L_2 3PC$	
		Планальный	$4L_3 3L_2 6P$	
		Аксиальный	$3L_4 4L_3 6L_2$	
		Планаксиальный	$3L_4 4L_3 6L_2 9PC$	