

Классификация, номенклатура и символика 32 видов симметрии кристаллографии

Проф. А. К. Болдырев и доц. В. В. Дוליwo-Добровольский

Klassifikation, Nomenklatur und Symbole der 32 kristallographischen Symmetriearten

A. K. Boldyrew und W. W. Doliwo-Dobrowolsky

В основу классификации 32 видов (или групп) симметрии кристаллов, т. е. в основу разделения их на системы, или сингонии, могут быть положены различные принципы:

Из этих принципов следующие два являются главными и наиболее естественными.

1. Можно классифицировать виды (или группы) симметрии, т. е. определенные пространственные совокупности элементов симметрии как таковые, сами по себе, без отношения к комплексам возможных граней и ребер кристалла, которым эти виды симметрии свойственны. Назовем такие классификации «чисто-геометрическими».

2. Можно классифицировать виды симметрии, принимая во внимание свойства тех комплексов возможных граней и ребер кристалла, иначе говоря — тех пространственных решеток, которым эти виды (группы) симметрии свойственны. Назовем такие классификации «кристаллографическими».

Классификации первого рода обладают тем преимуществом, что они могут быть распространены не только на кристаллографические виды (группы) симметрии, но и на все вообще геометрически возможные виды (группы) симметрии. Характер такой классификации зависит от того набора элементов симметрии, или, иначе говоря, от тех сортов симметрических преобразований, с которыми мы оперируем.

Одним из примеров таких классификаций является та, которая приводится Е. С. Федоровым (16, стр. 37—38). В ней все геометрически возможные виды симметрии разбиваются на такие системы:

А. Правильные системы

(выводимые из правильных многогранников)

- I. Тетраэдрическая (2 вида симметрии)
- II. Кубо-октаэдрическая (3 вида симметрии)
- III. Додекаэдро-икосаэдрическая (2 вида симметрии)

В. 2p-гональные системы

(с одной главной поворотной осью порядка 2p)

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1. Дигональная система | (8 видов симметрии) |
| 2. Тетрагональная « | (7 « «) |
| 3. Гексагональная « | (12 « «) |
| 4. Октагональная « | (7 « «) |
| 5. Декагональная « | (12 « «) |

$p \cdot 2p =$ гональная система (p — нечетное) (12 видов симметрии)
 $p+1 \cdot 2(p+1)$ « « « « (7 « «)

Если в этой классификации отобрать системы с кристаллографическими видами симметрии, то мы получим всего 5 систем: две правильных (I и II) и три 2p-гональных (1, 2 и 3); объединение обеих правильных систем в одну и разделение дигональной системы на 3 (триклинную, моноклинную и ромбическую) и гексагональной на 2 с целью получить 7 совершенно законно укоренившихся в кристаллографии систем является в этой классификации уже довольно искусственным приемом. Еще более искусственным является переход к кристаллографическим системам от систем симметрии чисто-геометрической классификации Артемьева (1, стр. 65 — 71).

Таким образом чисто-геометрические классификации непригодны для кристаллографии, на что не раз справедливо указывал Е. С. Федоров. Однако классификация видов (групп) симметрии по элементам симметрии настолько проста и наглядна, и настолько естественна, что мы не должны и не можем ее забывать даже и тогда, когда мы проводим какую-либо кристаллографическую классификацию групп симметрии.

Классификации второго рода (кристаллографические) могут быть сделаны по различным свойствам тех комплексов граней и ребер кристалла, или, иначе говоря, тех параллелепипедальных систем точек, которые отвечают тому или иному из 32 видов (групп) симметрии. Укажем здесь 3 из возможных таких классификаций.

1. Наиболее общепринятой является классификация по максимально-возможному числу прямых углов между координатными кристаллографическими осями и равных отрезков на них. Обозначая единичные отрезки на осях через a , b , c , а противолежащие им углы через α , β , γ , имеем, как известно:

- | | | |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| 1) кубическая система или сингония | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |
| 2) тетрагональная „ „ | $a = b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |
| 3) ромбическая „ „ | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ |
| 4) моноклинная „ „ | $a \neq b \neq c$ | $\alpha = \gamma = 90^\circ \neq \beta$ |
| 5) триклинная „ „ | $a \neq b \neq c$ | $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$ |
| 6) гексагональная „ „ | $a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ | $\alpha, \gamma = a_2 c = a_3 c = 90^\circ$ |
| | | $\alpha_1 \alpha_2 = \alpha_2 \alpha_3 = \alpha_3 \alpha_1 = 120^\circ$ |
| или | $a = b = c$ | $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ |

В этой классификации, весьма ясной, простой и наглядной, есть лишь один существенный недостаток. Ее принципы не дают возможности разделить гексагональную систему на собственно-гексагональную и тригональную. Необходимость же такого деления, ясно сознаваемая всеми кристаллографами, при отсутствии строгого принципа этого деления приводила к тому, что различные авторы производили это разделение различно.

2. Е. С. Федоров (13, стр. 605; 14, стр. 36 — 68; 15, стр. 21 — 23) — 1895—97—99 гг. — первый отчетливо высказал то, что в основу деления кристаллов должны быть положены не элементы симметрии, а свойства комплекса возможных граней и ребер данного кристалла, т. е. свойства его пространственной решетки.

Предлагая оставить термин «система» для систем симметрии в смысле указанной выше (стр. 145) чисто-геометрической классификации, Федоров предложил для подразделений кристаллических комплексов термин «сингония» (сходноугольность).

Этот термин он заимствовал у Ch. Sorret (48, стр. 69), употреблявшего его в ином смысле. Он сам вначале приписывал ему несколько иное значение, чем позднее. Окончательно же он употреблял его по существу в том самом смысле, в каком большинство других кристаллографов употребляло и многие и теперь употребляют термин «кристаллографическая система».

Понятие «сингония» Федоров в 1897 г. определяет следующим образом (14, стр. 36):

«Слово сингония должно обозначать близкое сходство двух комплексов кристаллических граней (соответственно — ребер): если мы можем два таких комплекса отличить друг от друга каким-либо надежным признаком, то мы имеем перед собой два различных вида сингонии. Это понятие есть то, которое должно лежать в основу естественного разделения кристаллов на группы...»

Как видим, определение этого понятия здесь является довольно расплывчатым, ибо остается неясным тот «надежный признак», который можно положить в основу деления.

В 1895 г. (13, стр. 608) таким признаком у Федорова служат «элементы кристалла», т. е. $a:b:c$ и α, β, γ , указанные выше.

В 1897 г. (14, стр. 39—42) в качестве признака для разделения Е. С. Федоров берет число так называемых ортогональных и изотропных поясов в комплексе граней кристалла и характер изотропных поясов («ортогональным» автор называет пояс, в котором есть одна и только одна пара взаимно-перпендикулярных возможных граней, а «изотропным» — такой пояс, в котором к каждой принадлежащей ему грани имеется нормальная грань, также ему принадлежащая).

Получается такая классификация.

1. Нет ни изотропных ни ортогональных поясов триклинная сингония.
2. Имеется одна плоскость, в которой любой пояс ортогонален, изотропных поясов нет моноклинная сингония.
3. Имеется только три взаимно-перпендикулярных оси ортогональных поясов; изотропных поясов нет ромбическая сингония.
4. Имеется один единственный изотропный пояс, притом тетрагонально-изотропный, у которого единичные отрезки на взаимно-перпендикулярных горизонтальных осях равны друг другу; ортогональных поясов бесчисленное множество, оси их лежат в плоскости, нормальной к оси изотропного пояса тетрагональная сингония.
5. Имеется один единственный изотропный пояс, притом гексагонально-изотропный (отрезки на взаимно-перпендикулярных осях относятся как $1:\sqrt{3}$; ортогональных поясов бесчисленное множество, оси их как в предыдущем случае гексагональная сингония.
6. Все возможные пояса изотропны кубическая сингония.

Как видим, в этом разделении тригональная и гексагональная сингонии неразличимы.

3. В 1899 г. Е. С. Федоров (15, стр. 21—23) пришел повидимому к мысли, что принцип ортогональных и изотропных зон, правильный по существу, весьма затруднителен на практике. Поэтому он взял новый признак деления на сингонии, а именно число так называемых «единичных» и «особых равных» направлений (единичное — из которого элементами симметрии не выводится ни одного нового направления; «особые равные» направления — все, выводящиеся из одного, заданного не в общем, а в некотором частном — особом — положении).

Теперь он дает такое определение «видов сингонии» (16, стр. 38): «Назовем группы видов симметрии, выделяющиеся по этому новому признаку, видами «сингонии»...

Ранее применявшееся им понимание понятия о сингонии он называет (15, стр. 23) гониометрическим, новое — симметриетеоретическим (symmetrietheoretische) и дает такое деление.

1. Все направления единичны триклинная сингония
2. Единичны все направления в одной плоскости и еще одно, к этой плоскости нормальное моноклинная сингония.
3. Единичны лишь 3 взаимно-перпендикулярные направления ромбическая сингония.
4. Единично лишь одно направление; в нормальной к нему плоскости минимальное число равных друг другу направлений равно двум тетрагональная сингония.
5. Единично лишь одно направление; в нормальной к нему плоскости минимальное число равных друг другу направлений равно трем гексагональная сингония.
- 5а. Минимальное число косых, равных друг другу направлений равно трем тригональная гипосингония.
- 5б. Минимальное число косых, равных друг другу направлений равно шести гексагональная гипосингония.

Этот новый принцип деления, как видим, впервые дал возможность строго отличить тригональную и собственно-гексагональную сингонии или гипосингонии, и притом 12 видов симметрии, сюда относящиеся, распределяются между этими двумя гипосингониями именно так, как это необходимо с точки зрения структуры кристаллов. В настоящее время это распределение можно считать общепринятым. К этому мы ниже вернемся.

4. В последнее время Б. Н. Делоне (10) выдвинул еще один возможный принцип разделения 32 видов симметрии на системы. Он дает такое определение: (10, стр. 116): „Кристаллографическими системами называются возможные группы таких симметрий, которые трансформируют точечную решетку в себя, оставляя одну из-ее точек в покое“.

Автор доказывает, что таких групп существует 7. Это суть так называемые „голоэдрические“ виды симметрии (или группы), семи общепринятых систем или сингоний. Окончательно Б. Н. Делоне делает вывод (10; стр. 119): „Точечная решетка может иметь только семь групп симметрии: К, Q, R, O, M, T и H. Эти группы называются кристаллографическими системами“ (буквы здесь обозначают: К — kubisch, Q — quadratisch, R — rhomboëdrisch, O — orthorhombisch, M — monoklin, T — triklin H — hexagonal).

Принцип разделения, принятый Б. Н. Делоне, является вполне точным, ясным и удобным. Следует лишь уточнить данные им определения кристаллографических систем в том смысле, чтобы относить к ним не только „голоэдрические группы“, но и все их подгруппы, не являющиеся подгруппами нижестоящих голоэдрией.

На этом мы заканчиваем примеры возможных принципов подразделения 32 видов симметрии на системы, или сингонии, далеко не исчерпав всех сделанных предложений и тех, которые еще могут быть сделаны.

В результате всех этих исследований можно считать в настоящее время общепринятым деление 32 точечных кристаллографических групп на 7 систем, или сингоний, с отнесением:

к тригональной:

- 1) L_3 ;
- 2) $L_3 3 L_2$;
- 3) $L_3 3 P$;
- 4) $L_6 C$;
- 5) $L_6 3P 3 L_2 C$;

к гексагональной:

- 1) $L_3 H$;
- 2) $L_3 3L_2 3P H$;
- 3) L_6 ;
- 4) $L_6 6L_2$;
- 5) $L_6 6P$;
- 6) $L_6 H$;
- 7) $L_6 6L_2 6P H C$.

Первым принял такое деление еще Миннигероде в 1887 г. (27). После него в новой группировке видов симметрии пришли Шенфлис (45) Федоров (13 15—Либш (24) и за ними другие кристаллографы.

Такое деление получается всегда, когда в основу его кладется не симметрия вообще, а симметрия пространственной решетки или построенного из нее комплекса

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Все направления единичны | триклинная сингония |
| 2. Единичны все направления в одной плоскости и еще одно, к этой плоскости нормальное | моноклинная сингония. |
| 3. Единичны лишь 3 взаимно-перпендикулярные направления | ромбическая сингония. |
| 4. Единично лишь одно направление; в нормальной к нему плоскости минимальное число равных друг другу направлений равно двум | тетрагональная сингония. |
| 5. Единично лишь одно направление; в нормальной к нему плоскости минимальное число равных друг другу направлений равно трем | гексагональная сингония. |
| 5а. Минимальное число косых, равных друг другу направлений равно трем | тригональная гипосингония. |
| 5б. Минимальное число косых, равных друг другу направлений равно шести | гексагональная гипосингония. |

Этот новый принцип деления, как видим, впервые дал возможность строго отличить тригональную и собственно-гексагональную сингонии или гипосингонии, и притом 12 видов симметрии, сюда относящиеся, распределяются между этими двумя гипосингониями именно так, как это необходимо с точки зрения структуры кристаллов. В настоящее время это распределение можно считать общепринятым. К этому мы ниже вернемся.

4. В последнее время Б. Н. Делоне (10) выдвинул еще один возможный принцип разделения 32 видов симметрии на системы. Он дает такое определение: (10, стр. 116): „Кристаллографическими системами называются возможные группы таких симметрий, которые трансформируют точечную решетку в себя, оставляя одну из-ее точек в покое“.

Автор доказывает, что таких групп существует 7. Это суть так называемые „голоэдрические“ виды симметрии (или группы), семи общепринятых систем или сингоний. Окончательно Б. Н. Делоне делает вывод (10; стр. 119): „Точечная решетка может иметь только семь групп симметрии: К, Q, R, O, M, T и H. Эти группы называются кристаллографическими системами“ (буквы здесь обозначают: К — kubisch, Q — quadratisch, R — rhomboëdrisch, O — orthorhombisch, M — monoklin, T — triklin H — hexagonal).

Принцип разделения, принятый Б. Н. Делоне, является вполне точным, ясным и удобным. Следует лишь уточнить данные им определения кристаллографических систем в том смысле, чтобы отнести к ним не только „голоэдрические группы“, но и все их подгруппы, не являющиеся подгруппами нижестоящих голоэдрией.

На этом мы заканчиваем примеры возможных принципов подразделения 32 видов симметрии на системы, или сингонии, далеко не исчерпав всех сделанных предложений и тех, которые еще могут быть сделаны.

В результате всех этих исследований можно считать в настоящее время общепринятым деление 32 точечных кристаллографических групп на 7 систем, или сингоний, с отнесением:

к тригональной:

- 1) L_3 ;
- 2) L_3 3 L_2 ;
- 3) L_3 3P;
- 4) L_6 C;
- 5) L_6 3P 3 L_2 C;

к гексагональной:

- 1) L_3 H;
- 2) L_3 3 L_2 3P H;
- 3) L_6 ;
- 4) L_6 6 L_2 ;
- 5) L_6 6P;
- 6) L_6 H;
- 7) L_6 6 L_2 6P H C.

Первым принял такое деление еще Миннигероде в 1887 г. (27). После него в новой группировке видов симметрии пришли Шенфлис (45) Федоров (13 15—Либих (24) и за ними другие кристаллографы.

Такое деление получается всегда, когда в основу его кладется не симметрия вообще, а симметрия пространственной решетки или построенного из нее комплекса

возможных граней и ребер кристалла. Это выяснил уже Е. С. Федоров и в особенности наглядно показал недавно в упомянутой выше своей работе Б. Н. Делоне.

Если мы пользуемся при этом для конкретизации симметрических преобразований наиболее употребительным набором элементов симметрии — поворотными и зеркально-поворотными осями симметрии (в том числе и частными случаями последних — центром инверсии и плоскостями симметрии), то вышеприведенное разделение 32 видов (групп) симметрии создает резкое противоречие наиболее естественной группировке видов симметрии по элементам симметрии. Для всех сингоний, кроме гексагональной и тригональной, никакого противоречия не замечается: виды симметрии, наиболее близкие по элементам симметрии, попадают в одни и те же сингонии. Для тригональной же и гексагональной сингоний противоречие заключается в том, что (см. стр. 148) в тригональную попадают два вида с шестерной зеркально-поворотной осью L_6 , а в гексагональную — два вида с тройной поворотной осью L_3 .

Для того чтобы увязать или хотя бы как-либо смягчить получившийся разрыв, еще Е. С. Федоров искал путей к новому толкованию элементов симметрии, к толкованию, при котором совпали бы обе классификации. Введенные им шестерные зеркально-поворотные оси второго рода (16, стр. 30) позволили группировать по элементам симметрии виды симметрии три- и гексагональной сингоний согласно с требованиями теории. Аналогично поступил и Чермак (50, 51), пришедший к такой возможности с помощью „правила биполярности“. Вместе с правильной группировкой видов симметрии тригональной и гексагональной сингоний Чермаку удалось достигнуть удобной и простой системы классификации и всех остальных видов симметрии, расположив их в стройную и логичную таблицу.

Беккенкамп (5, 6, 7) использовал систему Чермака, включив в нее федоровские шестерные зеркально-поворотные оси второго рода.

Еще более удачно поступил Бекке (2, 3, 4), который использовал систему Чермака, введя в нее инверсионные оси. В этом он следовал Хильтону (21, 22, 23), который первый четко указал на возможность полной замены зеркально поворотных осей первого рода инверсионными осями, являющимися более простой интерпретацией зеркально-поворотных осей второго рода и выражением правила биполярности Чермака.

Вместо прежнего исчерпывающего набора элементов симметрии — поворотных и зеркально-поворотных осей, мы берем теперь другой, также исчерпывающий набор элементов симметрии — поворотные и инверсионные оси (поворот вокруг последней оси связан не с отражением в плоскости, как у зеркально-поворотной оси, но с инверсией около центра, лежащего на данной оси). Такое изменение в учении о симметрии было принято затем Виковым (56), уже упоминавшимся Бекке (2, 3, 4), Ринне (32 — 38) Шибольдом (40 — 43), Балетом (52, 53) и другими, и позволило, следуя системе Чермака (51 — 50), свести все виды симметрии в простую таблицу согласную с классификацией по свойствам кристаллического комплекса или по связанным с ним свойствам пространственной решетки.

Замена зеркально-поворотных осей инверсионными приводит не только к удобному разделению гексагональной сингонии от тригональной, она приводит и к простому отделению низших сингоний. Действительно, при таком понимании элементов симметрии к триклинной относятся виды симметрии только с одинарными осями (центр инверсии = одинарной инверсионной оси), к моноклинной — с единственной двойной осью симметрии каждого из двух сортов — поворотной или инверсионной (плоскость симметрии = двойной инверсионной оси), к ромбической сингонии — с несколькими двойными поворотными или несколькими двойными инверсионными осями.

Опыт показал, что и в педагогическом отношении инверсионные оси для изучения не сложнее зеркально-поворотных. Действительно, для кристаллографии необходимо изучать только четверные и шестерные инверсионные оси. Четверная инверсионная тождественна четверной зеркально-поворотной. Шестерная инверсионная (= тройной поворотной + нормальной к ней плоскости симметрии) не сложнее соответственной зеркально-поворотной (= тройной поворотной + центр инверсии).

Таким образом изъятие зеркально-поворотных осей и введение инверсионных, не создавая затруднений в учении о симметрии, позволяет создать стройную классификацию, совпадающую с требованиями теории структуры и физической кристаллографии (В. Фойтг, 54).

В тесной связи с вопросами классификации стоят вопросы номенклатуры. Исторически сложившиеся названия сингоний и видов симметрии нельзя назвать простыми и легкими для изучения.

Нерациональность названий, основанных на мероэдри, указывалась еще Гротом и Федоровым, которые предложили называть виды симметрии по общим формам многогранников этих видов. Однако, несмотря на строгость этого принципа, опыт показал, что номенклатура Грота-Федорова (14, 15, 18) очень часто приводит к недоумениям. Многолетняя наша практика преподавания в вузах и втузах показала, что обозначение видов симметрии по одному из частных признаков, каковыми являются общие формы, воспринимается с трудом и вначале приводит к путанному смешению понятий о формах и о видах симметрии. То, что например ромбоэдр, тетрагональный тетраэдр, тетрагональная дипирамида не относятся соответственно к ромбоэдрическому, тетрагонально-тетраэдрическому, тетрагонально-дипирамидальному вида симметрии, а принадлежат к скаленоэдрическим и дитетрагонально-дипирамидальному видам симметрии, всегда вызывает недоумения у путаницу у начинающих.

Еще более глубоким возражением против перенесения названия частного признака (общей формы) на название вида симметрии является то, что такой принцип не приводит к вполне однозначному обозначению. В моноклинной сингонии два вида симметрии обладают одинаковыми общими формами, а следовательно должны, согласно общим принципам, называться одинаково. Для их различения приходится или вводить добавочные прилагательные (виды симметрии диэдрический осевой и диэдрический бесосный) или же давать различные названия этим, одинаковым друг с другом формам (вид симметрии сфеноидальный и вид симметрии доматический).

Нерациональность названий по формам многогранников подчеркивается еще тем обстоятельством, что виды симметрии могут служить не только при изучении многогранников, но и при изучении каких угодно других геометрических образов (систем точек, кривых линий и поверхностей и т. д.), где ни о каких пирамидах, призмах, додекаэдрах, тетраэдрах и т. д. не может быть и речи.

Наконец эти названия часто приводят и к другим неясностям. Так, часто встречающиеся в кратких литературных описаниях указания «ромбоэдрические кристаллы» или «гексагональные таблички» и т. п. всегда вызывают недоумение, относятся ли слова «ромбоэдрический», «гексагональный» и т. п. к формам этих кристаллов или к их виду симметрии или к сингонии.

Названия сингоний также нельзя признать простыми и рационально построенными. Одни названия даны по формам (кубическая сингония), другие — по наиболее характерным многоугольникам сечений (тетрагональная, гексагональная и ромбическая сингонии), третьи — по углам между кристаллографическими осями (триклинная и моноклинная сингонии). Указанные признаки, опять-таки являющиеся частными принадлежностями сингоний, вместе с полной разнородностью этих признаков должны быть признаны весьма неудачными. То, что является характерным для сингоний — элементы симметрии — не находит своего отображения в нынешних названиях.

К вопросам классификации и номенклатуры примыкает вопрос и о символических, условных обозначениях видов симметрии. Несовершенство обозначений, предложенных Шенфлисом, указывалось многими авторами. Необходимость простой символики как видов, так и других групп симметрии (например 230 кристаллографических пространственных групп) совершенно бесспорна.

Указанные здесь вопросы классификации, номенклатуры и символики являются большими вопросами современной кристаллографии. Им уделяется внимание целым рядом различных авторов: им посвящаются специальные статьи; они обсуждаются Международным комитетом по выработке таблиц для рентгеноанализа (11, 12, 20, 44); Германское минералогическое общество выделяет специальную комиссию для их

разработки. Федоровский институт еще в 1924 г. (8), разрабатывая новую номенклатуру кристаллографических форм, указывал на необходимость постановки и этих вопросов, однако в силу ряда причин временно отложил их разработку.

В 1932 г., в связи с предложениями комиссии Германского минералогического общества (37), Федоровский институт снова выдвинул указанные темы.

А. К. Болдыревым и В. В. Доливо-Добровольским были сопоставлены и обсуждены работы в этом направлении Бекке (2, 3, 4), Беккенкампа (5, 6, 7), Дэна-Форда (9), Фриделя (17), Германа (19), Хильтона (21, 22, 23), Могена (25), Мирса (26), Ниггли (28, 29, 30), Ринне (32—38), Роджерса (39), Шибольда (37, 40—44), Зомерфельда (37, 47), Спенсера (49), Чермака (50, 51), Валетона (52, 53), Верри (55), Викова (56) и им аналогичные. В результате была выработана общая схема классификации, номенклатуры и обозначений видов симметрии. В целом ряде заседаний Федоровского института 1932—1933 гг., в которых приняли активное участие проф. О. М. Аншелес, Д. С. Белянкин, С. А. Богомолов, Б. Н. Делоне, Н. Н. Падуров, А. В. Шубников, Ю. П. Преображенский, Г. Б. Бокий, В. Б. Татарский, И. И. Шафрановский, С. Ф. Машковцев, авторы статьи и другие, первоначальная схема была дополнена и исправлена, и 25 июня 1933 г. специальной номенклатурной комиссией в составе проф. С. А. Богомолова, А. К. Болдырева, Б. Н. Делоне и В. В. Доливо-Добровольского принят проект новой классификации, номенклатуры и символики 32 видов симметрии, который с незначительными изменениями нами здесь и публикуется.

Разработка аналогичных вопросов для других (не точечных) групп симметрии (например для 230 пространственных групп) в настоящее время не может считаться законченной, а поэтому Федоровский институт пока высказывается только по поводу точечных кристаллографических групп.

Предлагая этот проект вниманию читателя, Федоровский институт просит в письменной форме изложить свои соображения по поводу желательных усовершенствований или дополнений для того, чтобы номенклатурная комиссия могла бы, приняв во внимание и обсудив предлагаемые изменения, представить пленарному заседанию института проект в окончательной форме для принятия и опубликования к практическому руководству и пользованию (см. табл. 1, на стр. 152).

Как видно из таблицы, в основу всей классификации положены элементы симметрии. Каждый вид симметрии получается сочетанием некоторой главной оси (операнда) с некоторыми добавочными осями (операторами) (эти принимаемые здесь термины предложены Шибольдом). Строя равнодействующие элементы симметрии операнда и оператора, можно получить совокупность всех элементов симметрии каждого вида. Заметим, что нет существенной разницы между оператором и операндом при выводе из них полной совокупности элементов симметрии данного вида или группы. Но их различие удобно в классификационном отношении, почему мы его далее и придерживаемся. Главными осями симметрии являются одинарные, двойные, тройные и т. д. поворотные оси (гиры) или инверсионно-поворотные оси (гиroidы) (термины Ниггли). Добавочными осями являются: отсутствие оси (одинарная поворотная ось), центр инверсии, двойная поворотная ось, плоскость симметрии и сочетание этих элементов (или, вообще говоря, одинарные и двойные поворотные и инверсионные оси симметрии).

Некоторым своеобразием отличается кубическая сингония. Она характеризуется несколькими главными осями, однако укладывается в общую схему, если за главные оси принимать тройные оси симметрии. Чтобы подчеркнуть особое положение кубической сингонии, нижняя строка таблицы отчеркнута двойной чертой от остальной части.

Петрудно видеть, что в таблице виды симметрии моноклинной сингонии можно представить двояко: третий вид первого (верхнего) ряда можно в повернутой на 90° ориентировке поместить в первую клетку второго ряда. Аналогично пятый вид первого ряда можно поместить во вторую клетку второго ряда. Тогда, для того чтобы не разрывать видов симметрии моноклинной сингонии, поместив два из них во втором ряду, вместе с ромбической сингонией, а один — в первом ряду, вместе с триклинной, необходимо и четвертый вид первого ряда перенести во второй ряд.

Таблица 1.

Классификация, номенклатура и обозначения 32 видов симметрии кристаллографии.

Проект комиссии Федоровского института.

Klassifikation, Nomenklatur und Symbole der 32 Kristallographischen Symmetriearten.

Vorschlag vom Ausschuss des Fedorow-Instituts.

Classification, nomenclature and symbols of the 32 classes of crystal symmetry.

Proposition of the committee of the Fedorov-Institut.

Classification, nomenclature et symboles de 32 genres des symétrie des cristaux.

Proposition de la commission de l'Institut de Fedorov.

Главные оси (операнды) Hauptachsen (Operanden) Principal axes (operands) Axes principales (opérandes)	Добавочные оси (операторы) Zusatzachsen (Operatoren) Supplementary axes (operators) Axes supplémentaires (opérateurs)					Виды симметрии Symmetriearten Classes of symmetry Genres des symétrie				
	Сингонии	—	c	p	ap					
	Syngonien									
	Syngonies									
Syngonies	Прямой Primitiv Primitif	Центральный Central	Аксиальный Axial	Плоскостной Planal	Плоскостной Planal	Плоскостной Planal				
G_1	Агирная (Триклинная) Agyrische (Tricline) Agyric (Triclinic) Agyrique (Triclinique)	 G_0	 G_{0c}	 G_{1a}	 G_{1p}	 G_{1ap}	Моноагирная (Моноклиная) Monogyrische (Monokline) Monogyric (Monoclinic) Monogyrique (Monoclinique)			
G_2	Дигирная (Ромбическая) Digyrische (Rhombische) Digyric (Rhombic) Digyrique (Rhombique)	см. 3 $G_2 = G_{1a}$	см. 5 $G_{2c} = G_{pa}$	 G_{2a}	 G_{2p}	 G_{2ap}	—	p	Добав. ось	
G_3	Тригирная (Тригональная) Trigirische (Trigonale) Trigyrice (Trigonal) Trigyrrique (Trigonale)	 G_3	 G_{3c}	 G_{3a}	 G_{3p}	 G_{3ap}	Гиро-примитивный Gyroprimitiv Gyroprimitivo Gyroprimitif	Гиро-плоскостной Gyroplanal Gyroplanal Gyroplanal	Главные оси (операнды) Hauptachsen (Operanden) Principal axes (operands) Axes principales (opérandes)	
G_4	Тетрагирная (Тетрагональная) Tetragyrische (Tetragonale) Tetragyric (Tetragonal) Tetragyrique (Tetragonale)	 G_4	 G_{4c}	 G_{4a}	 G_{4p}	 G_{4ap}	 G_{4i}	 G_{4ip}	G_{4i}	
G_6	Гексагирная (Гексагональная) Hexagyrische (Hexagonale) Hexagyric (Hexagonal) Hexagyrique (Hexagonale)	 G_6	 G_{6c}	 G_{6a}	 G_{6p}	 G_{6ap}	 G_{6i}	 G_{6ip}	G_{6i}	
$G_3 + G_3$	Полигирная (Кубическая) Polygyrische (Kubische) Polygyric (Cubic) Polygyrique (Cubique)	 G_3G_3	 G_3G_3c	 G_3G_3a	 G_3G_3p	 G_3G_3ap	Проект подлежит обсуждению Замечания просим адресовать: Ленинград, 26, 21 линия, 2. Федоровский институт. Dieser Vorschlag unterliegt allgemeiner Diskussion. Alle Bemerkungen bitten wir an das Fedorow-Institut (USSR, Leningrad 26, 21 L. 2) zu senden.			

УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ

$G_1(G_0)$ — единичная поворотная ось (моновра, агира)

G_{1i} — с — центр инверсии

$G_2 = a$ — двойная поворотная ось (дигира)

G_{2i} — p — плоскость симметрии

G_3 — тройная поворотная ось (тригира)

G_4 — четверная поворотная ось (тетрагира)

G_{4i} — четверная инверсионная ось (тетрагириода)

G_6 — шестерная поворотная ось (гексагира)

G_{6i} — шестерная инверсионная ось (гексагириода)

Это возможно при его интерпретации как двойной инверсионной оси. В этом случае он займет место в правой части второго ряда над клетками с инверсионными осями.

Номенклатурная комиссия отказалась от такого второго варианта классификации по следующим причинам:

1. Виды моноклиной сингонии хотя и попадают в один ряд, но оказываются разобщенными видами ромбической сингонии. Если же перенести шестой и седьмой столбцы (столбцы с инверсионными осями) в левую часть таблицы, то рядом пустых клеток нарушится стройность всей этой части.

2. Интерпретация вида симметрии, обладающего плоскостью симметрии, как вида симметрии с двойной инверсионной осью, является весьма искусственной. Прибегать к сложным представлениям об инверсионных осях следует только в том случае, если никакого другого более простого толкования нельзя найти. Особенно неудобной такая интерпретация оказывается при рассмотрении относящихся к этому виду симметрии пространственных групп, обладающих только одними плоскостями скольжения. Плоскость скольжения придется рассматривать как некоторую бесконечно удаленную инверсионную ось. Искусственность и сложность такого толкования очевидна.

3. Ориентировка видов симметрии моноклиной сингонии оказывается не отвечающей правилам общепринятой установки. Вторая кристаллографическая ось оказывается ориентированной не горизонтально, но вертикально. Такая ориентировка, хотя в смысле логическом не уступает общепринятой, но находится в резком противоречии почти со всей кристаллографической литературой.

4. В принятом проекте первый ряд представляет собою ряд операторов. Отсутствие этого ряда во втором варианте сразу нарушает стройность всей таблицы и затушевывает принципы, положенные в основу классификации.

5. Во втором варианте моноклиная сингония помещается в одном ряду не с триклинной, но с ромбической сингонией; становится неясным, почему этот ряд следует делить на две сингонии. В принятом варианте деление первого ряда на две части — триклинную сингонию и моноклиную — менее искусственно. В триклинной сингонии присутствуют только одинарные оси (и следовательно наименование главной оси — в первом ряду одинарной — равно наименованию добавочных осей). В моноклиной сингонии присутствуют двойные оси (не более одной каждого рода), наименование главной оси — меньше наименования добавочных осей (в ромбической сингонии наименование главной оси равно наименованию добавочных осей).

6. Интерпретация вида симметрии с одной плоскостью симметрии, как вида симметрии с двойной инверсионной осью симметрии, вызвала бы большие неудобства в предлагаемой номенклатуре. Название, которое пришлось бы приписать этому виду, сделало бы номенклатуру сложной и запутанной.

7. Очевидно в связи с приведенными соображениями ни один из иностранных авторов, занимавшихся вопросами классификации, не предлагает второго варианта. Принятие его привело бы к разрыву со всеми существующими предложениями.

Таким образом в этом проекте принята классификация Чермака, принятая Беккенкампом, Бекке, Ринне, Шибольдом и др.

В последнем проекте комиссии Германского минералогического общества (37) настоящая классификация представлена таблицей несколько другого внешнего вида. Именно в этой таблице два столбца правой части (столбцы с инверсионными осями) перенесены в левую часть таблицы. Они слиты там вместе со столбцами соответственных поворотных осей, имеющих тождественные операторы. Таким образом клетки 19, 20, 26 и 27 слиты соответственно с клетками 14, 17, 21 и 24, в которых таким образом помещены по два вида симметрии. Не отрицая логической целесообразности такой расстановки [в особенности если виды симметрии с инверсионными осями помещать в этих клетках над или под видами симметрии с соответственными поворотными осями (37, табл. 4)], в настоящей таблице такой расстановки не сделано, чтобы созданием ряда пустых мест не нарушать стройности левой части и сделать всю таблицу более компактной.

С классификацией тесно связывается и новая номенклатура; хотя в огромном большинстве случаев можно обозначать группы одними лишь символами, но иногда

Некоторые из существующих обозначений
Einige von den vorgeschlagenen Sym

№	Schönflies (46)	Niggli (28—30)	Rinne- Schiebold (37)	Fedorow Institut	Fedorow-Groth (16, 18)	Miers (26)
1	C_1	C_1	p	G_0	Триклине Syngonie hemipinakoidal—pedial	Triclinic asymmetrical
2	S_2	C_i	i	G_0c	pinakoidal	centrosymmetrical
3	C_2	C_2	s	G_{1a}	Моноклине Syngonie hemiprismatisch axial—sphenoidisch	Monoclinic digonal polar
4	C_1^h	C_s	d	G_{1p}	hemiprismatisch anaxial—domatisch	aequatorial
5	C_2^h	C_{2h}	sd	G_{1ap}	rhomboprismatisch—prismatisch	digonal aequatorial
6	V	V	2s	G_{2a}	Ромбическая Syngonie rh.-sphenoidisch — rh. bisphenoidisch	Orthorombic digonal holoaxial
7	C_2^v	C_{2v}	2d	G_{2p}	pyramidal	didigonal polar
8	V^h	V_h	2sd	G_{2ap}	rh. bipyramidal	didigonal aequatorial
9	C_3	C_3	3p	G_3	Тригональная Subsyngonie trigonal pyramidal	Rhombohedral trigonal polar
10	C_3^i	C_{3i}	3i	G_3c	rhomboëdrisch	hexagonal altern.
11	D_3	D_3	3s	G_3a	trigonal trapezoëdrisch	trigonal holoaxial
12	C_3^v	C_{3v}	3d	G_3p	ditrigonal pyramidal	ditrigonal polar
13	D_3^d	D_{3d}	3sd	G_3ap	ditrigonal skalenoëdrisch	dihexagon. altern.
14	C_4	C_4	4p	G_4	Тетрагональная Syngonie tetragonal pyramidal	Tetragonal tetragonal polar
15	C_4^h	C_{4h}	4i	G_4c	tetragonal bipyramidal	tetragonal aequatorial
16	D_4	D_4	4	G_4a	tetragonal trapezoëdrisch	tetragonal holoaxial
17	C_4^v	C_{4v}	4d	G_4p	ditetragonal pyramidal	ditetragonal polar
18	D_4^h	D_{4h}	4sd	G_4ap	ditetragonal bipyramidal	ditetragonal aequatorial
19	S_4	S_4	4.p	G_4i	tetrag. sphenoidisch—tetrag. bisphenoidisch	tetragonal altern.
20	V^d	V^d	4.d	$G_{4i}a$	tetrag. skalenoëdrisch—ditetrag. skal.	ditetragonal altern.

**значений видов симметрии
metrieartenbezeichnungen**

Friedel (17)	Rinne-Schiebold (37)	Tschermak (50, 51) -- Becke (2-4)	Vorschlag vom Fedorow Institut
Syst. asymétrique Hémiédrie Holoédrie	Triklines Syst. pedial pinakoidal	Triklin polar diédrisch—zentrisch	AGIRISCHE SYNGONIE primitiv zentral
Syst. binaire Hémiédr. holoaxe Antihémiédrie Holoédrie	Monoklines Syst. sphenoidisch domatisch prismatisch	Monoklin Hemitrop—axial sympolar holoedrisch	MONOGRISCHE SYNG. axial planal planaxial
Syst. terbinaire Hémiédr. holoaxe Antihémiédrie Holoédrie	Rhombisches Syst. digyrisch sphenoidisch digyrisch domatisch digyrisch prismatisch	Rhombisch hemitrop—axial sympolar holoedrisch	DIGYRISCHE SYNG. axial planal planaxial
Syst. ternaire Tétartoédrie Parahémiédrie Hémiédrie holoaxe Antihémiédrie Holoédrie	Trigonales Syst. trigyrisch pedial trigyrisch pinakoidal trigyrisch sphenoidisch trigyrisch domatisch trigyrisch pri-matisch	Trigonal polar diédrisch—zentrisch hemitrop—axial sympolar holoedrisch	TRIGYRISCHE SYNG. primitiv zentral axial planal planaxial
S. quaternaire Tétartoédrie quaternaire Parahémiédrie Hémiédrie holoaxe Antihémiédrie quat. Holoédrie Tétartoédrie sphenoe- drique. Antihémiédrie sphen.	Tetragonales Syst. tetragyrisch pedial tetragyrisch pinakoidal tetragyrisch sphenoidisch tetragyrisch domatisch tetragyrisch prismatisch tetragyroidisch pedial tetragyroidisch domatisch	Tetragonal polar diédrisch—zentrisch hemitrop—axial sympolar holoedrisch allomer—inversions- axial dimer—inversionsaxial- symmetrisch	TETRAGYRISCHE SYNG. primitiv zentral axial planal planaxial gyroidoprimitiv gyroidoplanal

N ^o	Schoenflies (46)	Niggli (28—30)	Rinne- Schiebold (37)	Fedorow Institut	Fedorow — Groth (14, 18)	Miers (26)
					Hexagonale Subsyngonie	Hexagonal
21	C ₆	C ₆	6p	G ₆	hexagonal pyramidal	hexagonal polar
22	C ₆ ^h	C _{6h}	6i	G ₆ c	hexagonal bipyramidal	hexagonal aequatorial
23	D ₆	D ₆	6s	G ₆ a	hexagonal trapezoëdrisch	hexagonal holoaxial
24	C ₆ ^v	C _{6v}	6d	G ₆ p	dihexag. pyramidal	dihexagonal polar
25	D ₆ ^h	D _{6h}	6sd	G ₆ ap	dihexag. bipyramidal	dihexagonal aequatorial
26	C ₃ ^h	C _{3h}	6.p	G _{6i}	trigonal bipyramidal	trigonal aequatorial
27	D ₃ ^h	D _{3h}	6.d	G ₆ ia	ditrigonal bipyramidal	ditrigonal aequatorial
					Kubische Syngonie	Cubic
28	T	T	tp	G ₃ G ₃	tetratoëdrisch—tetr. pentagondodekaëdrisch	tesseral polar
29	T ^h	T _h	ti	G G ₃ c	dodekaëdrisch—dyakisdodek.	tesseral central
30	O	O	ts	G ₃ G ₃ a	gyroëdrisch—pentagonikositetraëdrisch.	tesseral holoaxial
31	T ^d	T _d	td	G ₃ G ₃ p	tetraëdrisch—hexakistetraëdrisch.	ditesseral polar
32	O ^h	O _h	tsd	G ₃ G ₃ ap	oktaëdrisch—hexakisoktaëdr.	ditesseral central

применение названий следует признать полезным. Просматривая различные предложения новых номенклатур, у всех авторов можно заметить стремление к генетической номенклатуре, по симметрии (см. прилагаемую табл. 2, на стр. 54—155).

Одни авторы отражают этот принцип в названиях сингоний (например Беккенкамп, Фридель), другие — в названиях видов симметрии. Однако полностью и до конца этот принцип не проводится. Даже в наиболее близкой к предлагаемой, в номенклатуре Ринне-Шибольда для характеристики операндов даются названия по элементам симметрии, операторы же названы по общим формам (как в номенклатуре Грота-Федорова). Совокупностью названий оператора и операнда определяется название всех видов симметрии. Таким образом названия форм, участвующих в названиях видов симметрии, являются у Ринне-Шибольда чисто-условными и представляют своеобразное выражение элементов симметрии.

Предлагаемая номенклатура отличается от номенклатуры Ринне-Шибольда тем, что здесь названия не только операндов, но и операторов даны непосредственно по элементам симметрии. Четыре новых термина (примитивный, центральный, аксиальный и планальный) подобраны таким образом, чтобы они были общепонятны на всех европейских языках.

Все эти названия вполне определяют порождающие добавочные оси любого вида симметрии. Вместе с указанием порядка главной оси (определяемого названием сингонии) получается вполне точная и однозначная характеристика всех порождающих элементов симметрии любого вида симметрии.

Однако современными названиями сингоний главная ось симметрии, характер операнда непосредственно не указываются. Поэтому наряду с принятыми сейчас неудачными терминами предлагаются новые рациональные названия. Слова, послу-

Friedel (17)	Rinne—Schlebold (37)	Tscherman (50, 51) — Becke (2—4)	Vorschlag vom Fedorow Institut
S. sénaire Tétartoédrie sénaire Parahémiédrie Hémiédrie holoaxe Antihémiédrie sénaire Holoédrie Antitétartoédr. trigonal Antihémiédrie trigonal	Hexagonales Syst. hexagyrisch pedial hexagyrisch pinakoidal hexagyrisch sphenoïdisch hexagyrisch domatisch hexagyrisch prismatisch hexagyroidisch pedial hexagyroidisch domatisch	Hexagonal polar diédrisch—zentrisch hemitrop—axial sympolar holoédrisch allomer—inversions- axial dimer inersionsaxial symmetrisch	HEXAGYRISCHE SYNG. grimitiv zentral axial planal planaxial gyroïdoprimitiv gyroïdoplanal
S. cubique Tétartoédrie Parahémiédrie Hémiédrie holoaxe Antihémiédrie Holoédrie	Kubisches Syst. kubisch pedial kubisch pinakoidal kubisch sphenoïdisch kubisch domatisch kubisch prismatisch	Tesseral polar diédrisch—zentrisch hemitrop—axial sympolar holoédrisch	POLYGYRISCHE SYNG. primitiv zentral axial planal pianaxial

жившие для этих названий, не новы и широко используются в классификации Ринне-Шибольда. Они основаны на греческом корне $\gamma\rho\omicron\varsigma$ — круг, термин введенный Ниггли для обозначения поворотной оси (Gyre).

Несколько своеобразны названия кубической сингонии и триклинной.

Для первой термин полигириная сингония, предложенный проф. Н. Н. Падуровым, прекрасно определяет своеобразие этой сингонии (формально — логичнее был бы термин «политригирная» сингония, однако, в виду его громоздкости, удобнее употреблять его в сокращенном виде: полигириная сингония).

Триклинная сингония занимает тот же ряд таблицы, что и моноклинная (моноклириная) сингония. Для ее отличия принято название „агириная сингония“.

Наиболее рациональной символикой видов симметрии следует признать конечно символику, предложенную Ринне и рекомендуемую комиссией Германского минералогического общества, в которой виды симметрии представляются совокупностью символов оператора и операнда.

В предлагаемых символах принят этот же принцип, однако в связи с изменением названий видов симметрии буквы взяты другие.

В качестве символов операторов взяты первые буквы слов „центральный“ *c*, „аксиальный“ *a*, „планальный“ *p*. Таким образом принятые здесь символы видов симметрии выгодно отличаются от символов Ринне тем, что непосредственно указывают на порождающие элементы симметрии.

Для операторов во избежание недоразумений и неясностей в печати принято обозначение символом оси G с соответственным показателем.

Таким образом предлагаемые классификация, номенклатура и символика тесно связываются единым принципом, целиком основаны на генетическом при-

наке — на порождающих элементах симметрии. Вместе с тем настоящий проект стремится соединить в себе все те рациональные тенденции, которые наблюдались в аналогичных предложениях последних лет, и провести их с полной строгостью до конца. Учитывая все неудобства от изменения терминологии, мы все же по причинам, объясненным выше, полагаем, что рационализировать кристаллографическую терминологию необходимо; и будем весьма признательны всем, кто поможет нам своим советом в этом деле.

Федоровский институт

Июль 1933 г.

Литература

1. Артемьев Д. Н. Кристаллография. Берлин, 1923.
2. Becke F. Systematik der 32 Symmetrieklassen. Z. Krist. 1926, 64.
3. Becke F. Systematik der 32 Symmetrieklassen der Kristalle. Fortschr. Min. 1927, 11, 289—290.
4. Becke F. Vorschläge zur Systematik und Nomenklatur der 32 Symmetrieklassen. Fortschr. Min. 1927, 12, 97—106.
5. Beckenkamp J. Der Kristall als homogenes Polyeder. Z. Phys. 1926, 40, 237—254.
6. Beckenkamp J. Der Kristall als homogenes Polyeder. N. Jahrb. f. Min. B.-B. 54 A, 1926.
7. Beckenkamp J. Bemerkungen zur analytischen und synthetischen Abteilung der 32 Symmetrieklassen. Cbltt. Min. 1927, 113—117.
8. Boldyrew A. K. Die vom Fedorow-Institut angenommene kristallographische Nomenklatur. Z. Krist. 1925, 62, 145.
9. Dana E. S. (W. E. Ford). A Text-book of Miner. 3 ed. New York, 1922.
10. Delaunay B. Neue Darstellung der geometrischen Kristallographie. Z. Krist. 1932, 84, 109—149.
11. Ewald P. P. Bericht über die neuere Entwicklung der Wellenmechanik und ihre Bedeutung für die Kristallstruktur. Z. Krist. 1929, 70, 391.
12. Ewald P. P. Bericht über die Tagung des erweiterten Tabellenkomitees. Z. Krist. 1930, 75, 159.
13. Fedorow E. Ueber die Bedeutung der Krystallflächencomplexe bestimmenden Parameter. Z. Krist. 1895, 24, 605.
14. Fedorow E. Beitrag zur Syngonielehre. Z. Krist. 1897, 28, 36—68.
15. Fedorow E. Neue Auffassung der Sygonie. Z. Krist. 1899, 31, 21—23.
16. Федоров Е. Курс кристаллографии. 3-е изд. СПб., 1901.
17. Friedel G. Leçons de cristallographie. Nancy, Paris, Strasbourg, 1926.
18. Groth P. Physikalische Krystallographie. Leipzig, 1905.
19. Hermann C. Zur systematischen Strukturtheorie. Z. Krist. 1928, 68, 257; 69, 226; 250, 533.
20. Hermann C. Bericht über die Möglichkeiten der Benennung von Kristalklassen, Raumgruppen und Punktlagen an das internationale Tabellenkomitee. Z. Krist. 1929, 70, 391.
21. Hilton H. Note on the 32 classes of symmetry. Min. Mag. 1907, 14.
22. Hilton H. A note on crystallographic notation. Min. Mag. 1922, 19.
23. Hilton H. Bemerkungen über die 32 Symmetrieklassen. Z. Krist. 1909, 46.
24. Liebisch Th. Grundriss der phys. Krist., 1896, 34.
25. Mauguin Ch. Sur le symbolisme des groupes de répétition ou de symmetrie des assemblages cristallins. Z. Krist. 1931, 76, 542—558.
26. Miers H. A. Mineralogy. London, 1902.
27. Minnigerode B. Untersuchungen über die Symmetrieverhältnisse der Krystalle. N. Jahrb. f. Min. 1887, B.-B. 5, 145.
28. Niggli P. Geometrische Kristallographie des Diskontinuums. Berlin, 1919.
29. Niggli P. Lehrbuch der Miner. I. Berlin, 1926.
30. Niggli P. Kristallographische und strukturtheoretische Grundbegriffe. Leipzig, 1928, § 5, 70—86.
31. Niggli P. Das Universal-Symmetrie-Element. N. Jahrb. Min. 1928, 57, I, 617—630.
32. Rinne F. Diskussion zum Vortrag Becke. Fortschr. Min. 1927, II, 290—292.
33. Rinne F. Bemerkung zur kristallographischen Nomenklatur. Z. Krist. 1927, 64, 513.
34. Rinne F. Bemerkung zur kristallographischen Nomenklatur. Fortschr. Min. 1927, 12, 107—111.
35. Rinne F. Bemerkungen zur kristallographischen Nomenklatur. Z. Krist. 1928, 66, 467—471.
36. Rinne F. Zur Nomenklatur der 32 Kristallklassen. Abhandl. d. Sächs. Akad. d. Wissensch., 1929, 40, 1—9.
37. Rinne F., E. Schiebold und E. Sommerfeld. Bericht des von der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft eingesetzten Nomenklaturausschusses über die Kristallklassen und Raumgruppen. Fortschr. Min. 1931, 16, 1, 29—46.

38. Rinne F. Zur Nomenklatur der stofflichen Hauptgruppen und ihrer Gliederung. Fortschr. Min. 1931, 16, 1, 97—101.
39. Rogers A. F. A mathematical study of crystal symmetry. Proc. Am. Ac. of Arts and Science, 1926, 61, 161—203.
40. Schiebold E. Ueber eine neue Herleitung und Benennung der 230 Raumgruppen. Fortschr. Min. 1927, 12, 112—118.
41. Schiebold E. Ueber eine neue Herleitung und Benennung der 230 Raumgruppen. Z. Krist. 1928, 66, 471—477.
42. Schiebold E. Ueber eine neue Herleitung und Nomenklatur der 230 kristallographischen Raumgruppen. Abhandl. d. Sächs. Acad. d. Wissensch., 1929, 40, 9.
43. Schiebold E. Bemerkungen zu den Vorschlägen des Herrn Sommerfeldt: «Schema der 230 Raumgruppen». Fortschr. Min. 1931, 15, 1, 45—47.
44. Schiebold E. Bericht über die Tagung des internationalen Nomenklatur- und Tabellenausschusses in Zürich. Fortschr. Min. 1931, 15, 1, 48—49.
45. Schoenflies A. Kristallsysteme und Kristallstruktur. Leipzig, 1891.
46. Schoenflies A. Theorie der Kristallstruktur. Berlin, 1923.
47. Sommerfeld E. Schema der 230 Raumgruppen nebst Einzelsymbolen für deren Bauelemente. Fortschr. Min. 1931, 15, 1, 35—44.
48. Sorret Ch. Eléments de cristallographie physique. Genève, Paris, 1893.
49. Spencer L. J. International agreement in mineralogical and crystallographical nomenclature. Min. Mag. 1925, 20, 109, 353.
50. Tschermak G. Einheitliche Abteilung der Kristallisations- und Zwillingsgesetze. Z. Krist. 1904, 39, 433—462.
51. Tschermak G. Lehrb. der Mineral., 1905, 6.
52. Valetton J. J. Ueber die Bedeutung des Symmetriezentrums für die Ableitung und die Systematik der 32 Kristallklassen. N. Jahrb. Min. 1928, 2, B-B. A. 763—784.
53. Valetton J. J. Inversions- und Spiegelachse. N. Jahrb. Min. 1928, 57, 1, 173—202.
54. Voigt W. Lehrbuch der Kristallphysik, 1910, 97.
55. Wherry E. T. Names for the symmetric classes based on axes. Amer. Min. 1927, 12, 218—220.
56. Wyckoff R. W. G. On the Nomenclature of the Point Groups. Am. Journ. of Sc., ser. 5, vol. 6, 1923, 288.

Zusammenfassung

Die im Gang der Entwicklungsgeschichte der Kristallographie entstandenen Klassifikation, Nomenklatur und Symbole der 32 kristallographischen Symmetriearten entsprechen in vielen Beziehungen den gegenwärtigen Bedürfnissen der Wissenschaft nicht.

Daher sind diese Fragen zum Gegenstand der Ueberlegungen mancher hervorragender Gelehrten geworden. Vorschläge von G. Tschermak, R. Wyckoff, L. Spencer, A. Rogers, E. Wherry, J. Beckenkamp, F. Becke, P. Niggli, F. Rinne, E. Schiebold, Ch. Mauguin und anderen haben die Möglichkeit der Verbesserungen und Vereinfachungen gezeigt. Im Zusammenhang mit den veröffentlichten Berichten an die Kommission der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft betreffend die kristallographische Systematik, Bezeichnung und Benennung, hat das Fedorow-Institut, welches sich auch mit der Durchsicht dieser Fragen beschäftigt, den beigelegten Vorschlag ausgearbeitet (Taf. I und II).

In diesem Vorschlag ist die Klassifikation von Tschermak-Becke-Rinne angenommen und auf dieser Grundlage hat das Fedorow-Institut die Bezeichnungen der 32 Symmetriearten ganz nach dem Prinzip der erzeugenden Symmetrieelementen, aber nicht nach dem Vielflächner, ausgearbeitet. Dabei wurden die Vorschläge aller oben erwähnten Verfasser (siehe Literaturverzeichnis) in Betracht gezogen. Entsprechend den Bezeichnungen sind die Benennungen der Syngonien und Symmetriearten (Punktgruppen) auch ganz nach dem Prinzip der erzeugenden Symmetrieelementen, aber nicht nach dem Vielflächner zusammengestellt. (Meistens kann man die Gruppen ausschliesslich durch Symbole bezeichnen, aber nicht selten ist die Anwendung der Benennungen nützlich). Dieses Projekt hat also zur Absicht die Vorzüge der Vorschläge aller erwähnten Verfasser, bei maximal möglicher Gleichartigkeit und logischer Strenge der Nomenklatur und Symbole, zu vereinigen.

Dieser Vorschlag unterliegt allgemeiner Diskussion.

Das Fedorow-Institut wendet sich an alle Fachleute mit der Bitte alle Bemerkungen an die Adresse USSR, Leningrad 26, 21 L., 2; Fedorow-Institut zu senden.

Nach der Beurteilung aller zusammengestellten Materialien werden die endgültigen Klassifikation, Nomenklatur und Symbole in einer speziellen Sitzung des Instituts angenommen und zur Veröffentlichung gebracht werden.