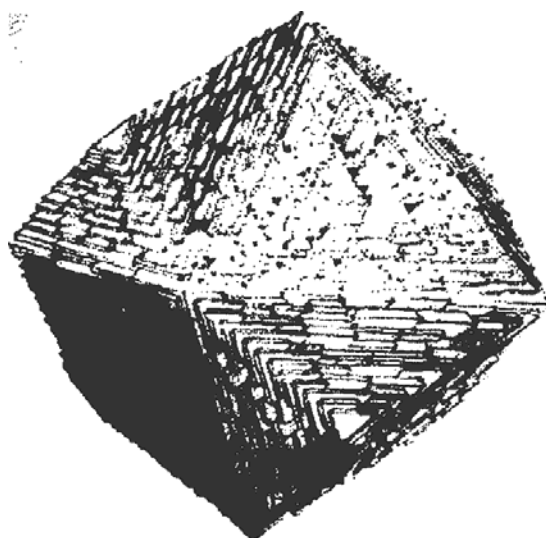


Сибирский государственный индустриальный университет



Кафедра геологии и геодезии

# *Симметрия кристаллов металлов и минералов*



Новокузнецк  
2002

Министерство образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

Кафедра геологии и геодезии

# **СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ МЕТАЛЛОВ И МИНЕРАЛОВ**

Лабораторный практикум по курсу «Основы кристаллографии и минералогии». Специальность «Металлургия чёрных металлов» (110100), «Литейное производство черных и цветных металлов" (110400), "Металлургия сварочного производства" (110700), "Химическая технология неорганических веществ" (250200)

Новокузнецк 2002

УДК. 548.1:515.6 (07)

Симметрия кристаллов металлов и минералов: Лаб. практикум / Сост.:  
А.А. Пермяков: СибГИУ. - Новокузнецк, 2002. - 12с., табл.2, ил.7

Изложена теоретические основы, последовательность и методы описания симметрии на идеальных моделях реальных кристаллов металлов и минералов.

Описан порядок выполнения лабораторной работы, приведены в табличной форме классификация 32 видов симметрии, а также используемая терминология.

Предназначен для студентов специальности «Металлургия чёрных металлов» (110100), «Литейное производство черных и цветных металлов" (110400), «Металлургия сварочного производства" (110700), «Химическая технология неорганических веществ" (250200)

Рецензент - кафедра металлургии чугуна СибГИУ (зав. кафедрой,  
доц. В.А. Долинский)

Печатается по решению редакционно-издательского совета  
университета.

## ВВЕДЕНИЕ

**Все кристаллы симметричны** - это одно из основных свойств кристаллов.

Симметрия кристаллов выражается в закономерном расположении атомов в структуре кристаллических металлов и минералов, в геометрически правильной многогранной форме кристаллов, выросших в свободных условиях при кристаллизации, в закономерном распределении физических свойств в объеме кристаллов и, наконец, процессы окисления и восстановления в каждом кристалле подчиняются его симметрии.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Научиться качественно и количественно определять симметрию кристаллов на моделях, которые соответствуют формам реальных кристаллов минералов, металлов и других кристаллических веществ.

## ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ТЕРМИНОЛОГИЯ

Симметрия (соразмерность) возникает в результате закономерного расположения одинаковых атомов одного (рис. 1) или нескольких химических элементов (рис. 2) в объеме кристалла. Поэтому кристаллы в благоприятных условиях вырастают в форме правильных геометрических многогранников (рис. 3).

Симметрия кристаллов выявляется с помощью элементов симметрии:

- центра симметрии (инверсии),
- плоскостей симметрии
- осей симметрии.

**Центр симметрии** (инверсии) связывает противоположные инверсионно равные (или обращено равные) части кристалла. Он совпадает с геометрическим центром кристалла. От слова *Centrum* он обозначается буквой *C* (по символике Бравэ) или  $\bar{1}$  (по интернациональной символике).

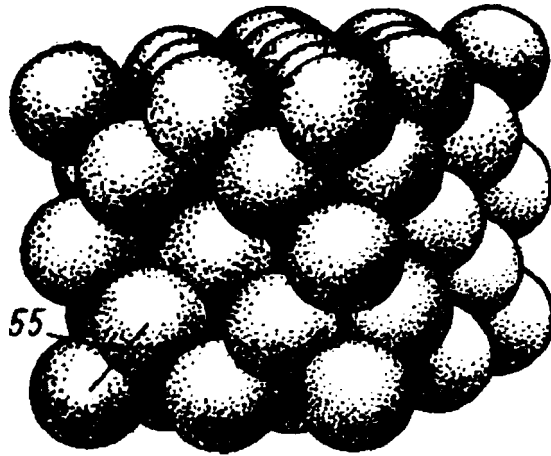


Рис. 1. Соединение атомов в кристалле  $\gamma$ -Fe в стали.

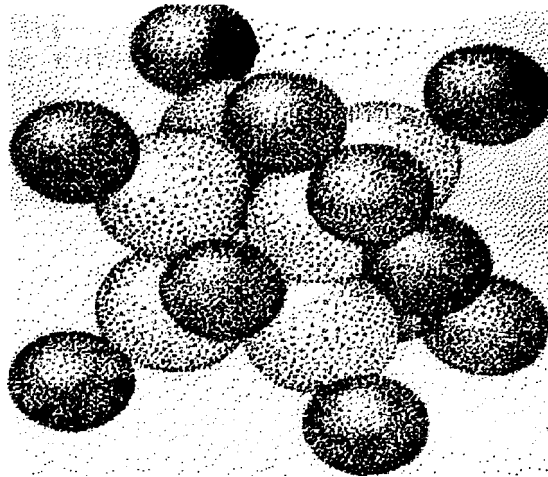


Рис 2 . Соединение атомов железа и кислорода в кристалле вюстита FeO

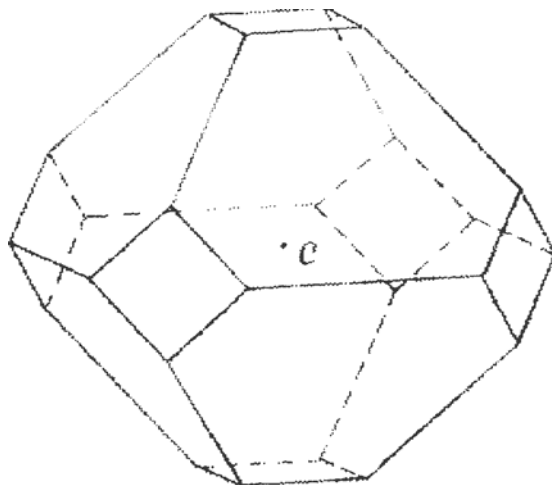


Рис.3. Кристалл низкотемпературного железа или вюстита

При наличии центра симметрии все диаметрально противоположные грани и ребра кристалла должны быть попарно инверсионно равны и параллельны (рис.4).

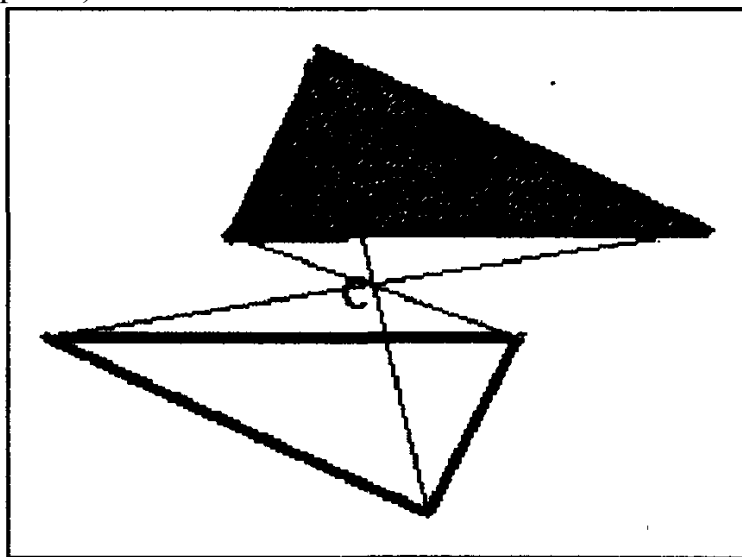


Рис. 4. Центр симметрии

Это всегда можно проверить, положив кристалл на горизонтальную плоскость стола. Если все грани и ребра кристалла попарно параллельны и инверсионно равны, центр симметрии в кристалле есть.

Если центр симметрии отсутствует, то в таком кристалле сверху окажется вершина, ребро, наклонная или параллельная, но не равная нижней, грань. Наличие или отсутствие в кристалле центра симметрии следует зафиксировать в рабочей таблице (см. образец).

***Плоскость симметрии делит кристалл на две зеркально-равные половины.*** Плоскость симметрии связывает зеркально равные части кристалла. От слова **Planum** обозначается буквой **P** (по Бравэ), от слова **mirror** (зеркало, отражать) обозначается буквой **m** (интернационально), графически обозначается сдвоенной линией (как двухсторонне зеркало).

В одних кристаллах плоскости симметрии отсутствуют, в других - одна или несколько, но не более 9.

Для определения плоскости симметрии кристалл мысленно рассекается плоскостью, проходящей через его центр. Если при этом слева и справа от плоскости симметрии все части кристалла (грани, ребра, вершины) будут повторяться как предмет и его зеркальное отображение, то такая плоскость будет являться плоскостью симметрии.

В прямоугольнике (рис.5) можно провести только две плоскости симметрии. Плоскость, делящая прямоугольник на две равные части, но **не зеркально, не является плоскостью симметрии.**

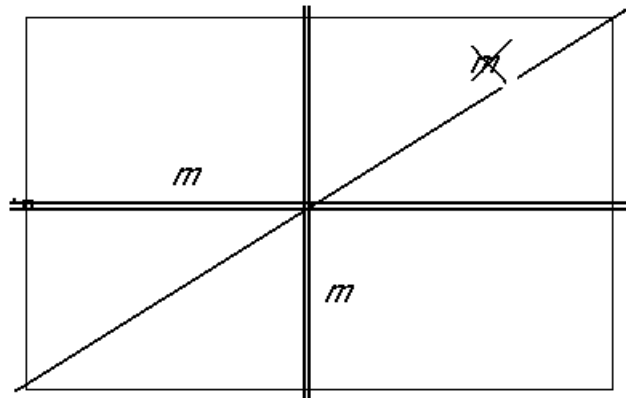


Рис. 5. В фигуре 2 плоскости симметрии

Куб (гексаэдр) на рис.6 имеет 9 плоскостей симметрии: три-координатных  $P$  (слева), шесть диагональных  $P$  (справа).

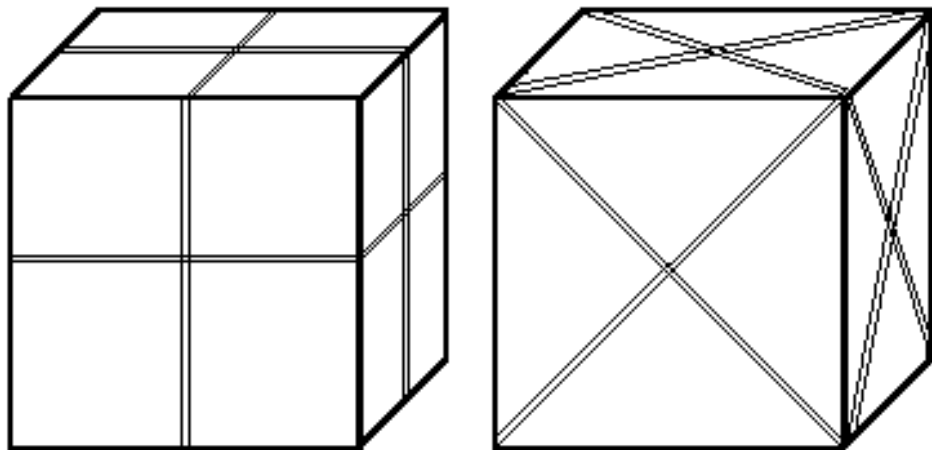


Рис. 6. Плоскости симметрии куба.

**Ось симметрии** - это линии, которые симметрично связывают конгруэнтно равные (совместимо равные) части кристалла.

*Вокруг оси симметрии на равных угловых и линейных расстояниях располагаются конгруэнтно равные части кристалла, так что при полном повороте вокруг оси (на 360) они повторяются  $n$  раз.* Такие оси называют **поворотными осями симметрии  $n$ -го порядка**.

В некоторых кристаллах, помимо поворотных осей симметрии, могут быть **инверсионные оси симметрии**, в которых операция симметричного поворота вокруг оси совмещается с операцией симметричного отражения в центре кристалла. Порядок инверсионной оси удваивается по сравнению с порядком поворотной оси.

По Браве от слова *Linie* они обозначаются  $L_n$  (читается - ось симметрии n-го порядка). В кристаллах могут быть поворотные оси симметрии первого  $L_1$ , второго  $L_2$ , третьего  $L_3$ , четвертого  $L_4$ , шестого  $L_6$  порядков и инверсионные оси симметрии  $L_{i1}$ ,  $L_{i2}$ ,  $L_{i3}$ ,  $L_{i4}$ ,  $L_{i6}$ . Кроме того,  $L_{i1} = C$ ,  $L_{i2} = P$ ,  $L_{i3} = L_3C$ ,  $L_{i4} = L_2$ ,  $L_{i6} = L_3P$ .

По интернациональной символике поворотные оси симметрии обозначаются числом, указывающим их порядок, т.е. 1, 2, 3, 4 и 6, а инверсионные оси симметрии  $\bar{1}$ ,  $\bar{2}$ ,  $\bar{3}$ ,  $\bar{4}$  и  $\bar{6}$ .

Графически оси симметрии обозначаются многоугольником, число углов которого равно порядку оси симметрии. В одном и том же кристалле может быть одна или несколько осей одного порядка, и могут быть несколько осей разных порядков. В некоторых кристаллах оси симметрии могут отсутствовать.

В кубе (рис.7):  $3L_4$  - (3 оси симметрии 4-го порядка) проходят через середины противоположных квадратных граней;  $4L_3$  - (4 оси симметрии 3-го порядка) проходят через противоположные вершины;  $6L_2$  - (6 осей симметрии 2-го порядка) проходят через середины противоположных ребер куба.

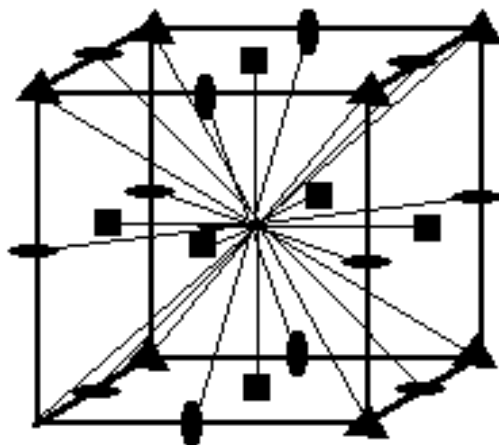


Рис.7. Оси симметрии кубе.

Полезно запомнить, что концы осей симметрии в кристаллах могут выходить через вершины, через центры граней и через середины ребер. Следовательно, при определении осей симметрии именно за эти элементы и нужно брать кристалл двумя пальцами и вращать его вокруг этой оси.



Для того, чтобы более четко наблюдалось совмещение (повторение) элементов кристалла при вращении, ось симметрии следует располагать вертикально, а кристалл держать на уровне глаз. Найденные в кристалле оси симметрии вносятся в соответствующие колонки рабочей таблицы (см. образец).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определение элементов симметрии

В колонку "Формула симметрии кристалла" вписывают найденные элементы симметрии, начиная с осей симметрии высших порядков  $L_6$ ,  $L_4$ ,  $L_3$ ,  $L_2$ , а затем  $P$  и  $C$ .

Определение элементов симметрии можно начинать с любого элемента. Перед началом работы необходимо заготовить рабочую таблицу (см. образец).

В качестве примера можно рассмотреть кристалл в форме куба (рис.7). Как видно из рисунка, в кубе имеются 3 оси четвертого порядка, проходящие через центры граней. Для памяти в графу  $L_4$  записываем цифру 3. Далее, в кубе есть 4 оси третьего порядка, проходящие через вершины (вершин всего 8 и через каждую пару проходит ось  $L_3$ ). Записываем в графу  $L_3$  цифру 4. Через середины противоположных ребер куба проходят оси симметрии второго порядка. Их 6 (ребер в кубе 12 и через каждую пару проходит ось  $L_2$ ). Осей 6 порядка в кубе нет.

Определяем количество плоскостей симметрии. Как видно из рис.3, их в кубе 9. Записываем в графу  $P$  цифру 9.

И, наконец, в кубе имеется центр симметрии. Все его грани попарно инверсионно равны и параллельны, а оси четных порядков ( $L_4$  и  $L_2$ ) перпендикулярны плоскостям симметрии.

Выявленные оси, плоскости и центр симметрии записываются в виде формулы:  $3L_44L_36L_29PC$ . По полученной формуле кристалла с помощью таблицы определите и запишите, к какому виду симметрии, сингонии и категории относится данный кристалл (см. образец).

Таблицу **СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ** следует изучить очень внимательно. Это полный вывод 32 видов симметрии, предложенный в 1867 г. русским академиком А.В. Гадолиным.

**Вид симметрии** - это полная совокупность элементов симметрии какого-либо кристалла. Следует помнить, что в настоящее время известно более 15 тысяч различных кристаллов, а видов симметрии только 32, так что повторение формул неизбежно.

**Сингония** (равноугольность) - это группа видов симметрии,

объединенная либо одной главной осью симметрии, определяющей *форму* поперечного сечения кристалла (например, кристаллы с формулами  $L_3$ ,  $L_33P$ ,  $L_33L_23PC$  и т.д. относятся к тригональной (треугольной в сечении) сингонии), либо совокупностью  $4L_3$  характерной для кристаллов кубической сингонии, либо особенностью расположения координатных осей при установке кристалла (моноклинная или триклинная сингонии).

**Категория** - это группа сингоний с характерным набором осей симметрии:

- Высшая категория характеризуется обязательным наличием в каждом виде симметрии  $4L_3$  в сочетании с осями  $L_4$  и  $L_2$ . Высшая категория включает в себя только одну, кубическую сингонию.
- Средняя категория характеризуется наличием одной оси симметрии высшего порядка в сочетании с прочими элементами симметрии. К средней категории относятся тригональная, тетрагональная и гексагональная сингонии.
- Низшая категория объединяет триклинную, моноклинную и ромбическую сингонии, во всех видах симметрии которых отсутствуют оси симметрии высшего порядка.

## ТРЕБОВАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЁТА

Отчёт составляется каждым студентом в форме таблицы (см. образец). Работа считается выполненной после защиты. Отчет после защиты остается у студента для использования в последующих лабораторных работах.

Составитель:  
Арнольд Аркадьевич Пермяков

## **СИММЕТРИЯ КРИСТАЛЛОВ МЕТАЛЛОВ И МИНЕРАЛОВ**

Лабораторный практикум по курсу «Основы кристаллографии и минералогии». Специальность «Металлургия чёрных металлов» (110100), «Литейное производство черных и цветных металлов" (110400), "Металлургия сварочного производства" (110700), "Химическая технология неорганических веществ" (250200)

Редактор Н.П. Лавренюк

Подписано в печать 00.00.2002 г.      Формат бумаги 60x84 1/16 Усл. печ.  
л. 0,00    Уч.-изд. л. 0,00    Тираж 150 экз.    Заказ

Сибирский государственный индустриальный университет, 654007, г.  
Новокузнецк, ул. Кирова, 42. Издательский центр СибГИУ.