

пой периодич. атомной структурой и при равновесных условиях образования имеющие естеств. форму правильных симметричных многогранников. К. — равновесное состояние твёрдых тел. К., выросший в неравновесных условиях и не имеющий правильной огранки (или потерявший её в результате обработки), сохраняет *кристаллическую структуру* и все определяемые ею свойства.

Атомистичность К. выражается математически условием дискретности: в пространстве есть такие точки, что вокруг них в радиусе r нет ни одной симметрически равной им точки. Условие однородности на микроуровне: существует шар постоянного радиуса R , внутри которого всегда есть точка x' , симметрично равная любой, панерёд заданной точке x [(r, R)-условие].

Если есть группа G , преобразующая пространство в себя при наличии (r, R)-условия, то математически доказывается, что эта группа есть G_3^3 , где верх. индекс — размерность пространства, а нижний — число направлений периодичности. Группа $G_3^3 \supset T_3$ содержит подгруппу трёхмерной трансляц. периодичности T_3 , к-рая описывает кристаллич. решётку относительно любой точки x ; имеется бесконечное множество симметрично равных ей точек, находящихся на концах векторов

$$x' = x + p_1 a_1 + p_2 a_2 + p_3 a_3,$$

где $p_i = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$, a_i — периоды элементарной ячейки. Это означает, что К. на микроуровне обладает дальним порядком, т. е., зная его структуру (элементарную ячейку) вблизи любой точки x , можно указать эту структуру в любой другой, далеко расположенной точке x' . Кроме того, расположение атомов в кристалле может обладать и др. элементами симметрии — плоскостями, осями, это описывается одной из 230 групп пространственной симметрии.

На макроскопич. уровне К. представляют собой сплошную однородную симметричную среду, атомная микроструктура не наблюдается, но трансляционная и др. симметрии К. проявляются в их огранке и во всех физ. и физ.-хим. свойствах. Однородность К. есть макропроявление трансляц. микросимметрии и означает, что в любых участках К. (размеры к-рых существенно превышают размеры ячейки: $L \gg a_i$) все его свойства тождественны. В каком бы месте монокристалла мы не вырезали одинаково ориентированный образец нек-рой формы и размеров, любые его свойства — физические (оптические, механические и т. п.), физико-химические (растворимость поверхности, её химизм, адсорбция на ней) — одинаковы. Анизотропия К. означает зависимость большинства их свойств, напр. теплопроводности, оптических, электрических, механических, от внеш. воздействий, от направления (относительно кристаллографич. осей), но к-рому они измеряются (в отличие от изотропности — независимости от направления, это — скалярные свойства). Нек-рые свойства К. могут быть изотропными. Симметрия К. заключается в том, что разл. признаки — внеш. форма огранённых кристаллов, анизотропия свойств, описываемая в векторной или тензорной форме, — оказываются равными для разл. направлений. Макросимметрия К. описывается одной из 32 *точечных групп симметрии* кристаллов, к-рая определяет и конкретный характер анизотропии. Анизотропия скорости роста граней кристаллич. фазы обуславливает возникновение естеств. огранки кристаллов и определяет их внеш. форму — г а б и т у с. Кристаллич. структура, реализующаяся при данных условиях, отвечает минимуму свободной энергии. При повышении темп-ры вещество К. может перейти либо в другую кристаллич. модификацию (*полиморфизм*), либо в жидкость. Нек-рые вещества (мезогены) переходят в жидкокристаллич. состояние (см. *Жидкие кристаллы*). Большинство твёрдых материалов являются поликристаллическими; они состоят из множества отдельных беспорядочно ориентированных мелких кристаллич. зёрен (кристаллитов). Таковы, напр., многие горные породы, техн. металлы и сплавы. Крупные одиноч-

ные К. наз. монокристаллами. К. образуются и растут чаще всего из жидкой фазы — раствора или расплава; возможно получение К. из газовой фазы или при фазовом превращении в твёрдой фазе (см. *Кристаллизация*). В природе встречаются монокристаллы разл. размеров — от громадных (до сотен кг, К. кварца (горного хрусталя), флюорита) до мелких (К. алмаза и др.). Для науч. и пром. целей К. выращивают (синтезируют) в лабораториях и на заводах (см. *Синтетические кристаллы*). К. образуются и из таких сложных природных веществ, как белки, нуклеиновые кислоты; возможно закристаллизовать и нек-рые вирусы (см. *Биологический кристалл*). При определ. условиях получают К. полимерных веществ, построенных из цепных молекул большой мол. массы.

Геометрия кристаллов. Выросшие в равновесных условиях К. имеют форму правильных многогранников той или иной симметрии, грани К. — плоские, рёбра между гранями — прямолинейные. Измерения огранения кристаллов — угол между гранями методами гониометрии и анализ соотношений между ними позволяют идентифицировать К. В 18—19 вв. установлены два основных закона геом. *кристаллографии*: углы между соответствующими гранями К. одного и того же вещества постоянны (закон Стенона); расположение всех граней, наблюдающихся на совокупности К. данного вещества, можно характеризовать целыми числами, находящимися между собой в рациональных отношениях (закон Гаюи). Эти геом. законы привели к выводу о существовании *кристаллической решётки*, что подтвердилось после открытия дифракции рентг. лучей.

Атомная структура К. описывается как совокупность повторяющихся в пространстве одинаковых элементарных ячеек, имеющих форму параллелепипеда с рёбрами a, b, c (периодами кристаллич. решётки). Поэтому атомная плоскость кристаллич. решётки (к-рой может соответствовать грань К.) отсекает на осях координат целые числа периодов решётки (закон Гаюи). Обратные им числа (h, k, l) наз. *индексами кристаллографическими* граней и атомных плоскостей. Как правило, К. имеет грани с малыми значениями индексов, напр. (100), (110), (311). Длины рёбер a, b, c и углы α, β, γ между ними измеряются рентгенографически. Выбор осей координат производится по определ. правилам в соответствии с симметрией К.

Существуют 32 *точечные группы* G_3^3 симметрии К. Совокупность К., принадлежащих к данной группе, наз. *классом К.*; число классов равно числу групп — 32. Группы разбивают в 7 сингоний — триклинную, моноклинную, ромбическую (низшие), тетрагональную, тригональную, гексагональную (средние), кубическую (высшие). Кристаллографич. оси координат выбирают: в ромбических, тетрагональных и кубических К. соответственно с их симметрией перпендикулярно друг другу ($\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$); в гексагональных и тригональных — одна вдоль гл. оси симметрии и две другие — перпендикулярно ей ($\alpha = \beta = 90^\circ$) под углом $\gamma = 120^\circ$; в моноклинной сингонии — две оси перпендикулярны ($\alpha = \beta = 90^\circ$), третья наклонна к ним ($\gamma \neq 90^\circ$); в триклинной сингонии все углы между всеми осями косые ($\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$). Подробнее см. *Симметрия кристаллов*.

Огранка каждого К. подчиняется описывающей его точечной группе симметрии при равномерном росте кристаллич. многогранника (рис. 1), когда он имеет идеальную форму. Совокупность кристаллографически одинаковых граней (т. е. совмещающихся друг с другом при операциях симметрии данной группы) образует т. н. простую форму К. Всего существует 47 простых форм К., но в каждом классе могут реализоваться лишь нек-рые из них. К. может быть огранён гранями одной (простой) формы, но чаще комбинацией этих форм (рис. 2).

Если К. принадлежит к осевому классу, то он может кристаллизоваться в зеркально равных формах — пра-