щими оси симметрии бесконечного порядка, обозначаемые символом ∞. Наличие оси ∞ означает, что объект совмещается с собой при повороте на любой, в т. ч. бесконечно малый, угол. Таких групп 7 (рис. 5). Т. о., всего имеется $32 + 7 = 39$ точечных групп, описывающих симметрию свойств кристаллов. Зная группу симметрии кристаллов, можно указать возможность наличия или отсутствия в нём нек-рых физ. свойств (см. *Кристаллофизика*).

Пространственные группы симметрии. Пространственная симметрия атомной структуры кристаллов описывается пространственными группами симметрии G_3^3. Они наз. также фёдоровскими в честь нашедшего их в 1890 Е. С. Фёдорова; эти группы были независимо выведены в том же году А. Шёнфлисом (A. Schoenflies). В противоположность точечным группам, к-рые были получены как обобщение закономерностей форм кристаллич. многогранников (С. И. Гессель, 1830, А. В. Гадолин, 1867), пространственные группы явились продуктом математическо-геом. теории, предвосхитившей эксперим. определения структуры кристаллов с помощью дифракции рентг. лучей.

Характерными для атомной структуры кристаллов операциями являются 3 некомпланарные т р а н с л я ц и и $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{c}$, к-рые и задают трёхмерную периодичность кристаллич. решётки. Кристаллич. решётка рассматривается как бесконечная во всех трёх измерениях. Такое матем. приближение реально, т. к. число элементарных ячеек в наблюдаемых кристаллах очень велико. Перенос структуры на векторы $\boldsymbol{a}$, $\boldsymbol{b}$, $\boldsymbol{c}$ или любой вектор $\boldsymbol{t} = p_1\boldsymbol{a} + p_2\boldsymbol{b} + p_3\boldsymbol{c}$, где p_1, p_2, p_3 — любые целые числа, совмещает структуру кристалла с собой и, следовательно, является операцией симметрии (т р а н с л я ц и о н н а я   с и м м е т р и я).

Физ. дискретность кристаллич. вещества выражается в его атомном строении. Пространственные группы G_3^3 — это группы преобразования в себя трёхмерного однородного дискретного пространства. Дискретность заключается в том, что не все точки такого пространства симметрически равны друг другу, напр. атом одного и атом др. сорта, ядро и электроны. Условия однородности и дискретности определяет тот факт, что пространственные группы — трёхмерно периодические, т. е. любая группа G_3^3 содержит подгруппу трансляций T — кристаллич. решётку.

Вследствие возможности комбинирования в решётке трансляций и операций точечной симметрии в группах G_3^3 кроме операций точечной симметрии возникают операции и соответствующие им элементы симметрии с трансляц. компонентой — в и н т о в ы е   о с и различных порядков и плоскости скользящего отражения (рис. 2, *д*, *е*).

В соответствии с точечной симметрией формы элементарной ячейки (элементарного параллелепипеда) пространственные группы, как и точечные, подразделяются на 7 кристаллографических *сингоний* (табл. 2). Дальнейшее их подразделение соответствует трансляц. группам и соответствующим им *Браве решёткам*. Решёток Браве 14, из них 7 — примитивные решётки соответствующих сингоний, они обозначаются P (кроме ромбоэдрической R). Другие — 7 центриров. решёток: базо (боко) — центрированные A (центрируется грань bc), B (грань ac), C (ab); объёмноцентрированные I, гранецентрированные (по всем 3 граням) F. С учётом центрировки к оперирации трансляций t добавляются соответствующие центру центрирующие переносы t_c. Если комбинировать друг с другом эти операции $t + t_c$ и с операциями точечных групп соответствующей сингонии, то получаются 73 пространственные группы, наз. с и м м о р ф н ы м и.

Т а б л. 2.—Пространственые группы симметрии

Сингония	Обозначения по Шёнфлису	Междунар. обозначения
Триклинная	C_1^1	$P1$
	C_i^1	$P\bar{1}$
Моноклинная	$C_2^1-C_2^3$	$P2, P2_1, C_2$
	$C_s^1-C_s^4$	Pm, Pc, Cm_1, Cc
	$C_{2h}^1-C_{2h}^6$	$P2/m, P2_1/m, C2/m, P2/c, P2_1/c, C2/c$
Ромбическая	$D_2^1-D_2^9$	$P222, P222_1, P2_12_12, P2_12_12_1, C222_1, C222, F222, I222, I2_12_12_1$
	$C_{2v}^1-C_{2v}^{22}$	$Pmm2, Pmc2_1, Pcc2, Pma2, Pca2_1, Pnc2, Pmn2_1, Pba2, Pna2_1, Pnn2, Cmm2, Cmc2_1, Ccc2, Amm2, Abm2, Ama2, Aba2, Fmm2, Fdd2, Imm2, Iba2, Ima2$
	$D_{2h}^1-D_{2h}^{28}$	$Pmmm, Pnnn, Pccm, Pban, Pmma, Pnna, Pmna, Pcca, Pbam, Pccn, Pbcm, Pnnm, Pmmn, Pbcn, Pbca, Pnma, Cmcm, Cmca, Cmmm, Cccm, Cmma, Ccca, Fmmm, Fddd, Immm, Ibam, Ibca, Imma$
Тетрагональная	$C_4^1-C_4^6$	$P4, P4_1, P4_2, P4_3, I4, I4_1$
	$S_4^1-S_4^2$	$P\bar{4}, I\bar{4}$
	$C_{4h}^1-C_{4h}^6$	$P4/m, P4_2/m, P4/n, P4_2/n, I4/m, I4_1/a$
	$D_4^1-D_4^{10}$	$P422, P42_12, P4_122, P4_12_12, P4_222, P4_22_12, P4_322, P4_32_12, I422, I4_122$
	$C_{4v}^1-C_{4v}^{12}$	$P4mm, P4bm, P4_2cm, P4_2nm, P4cc, P4nc, P4_2mc, P4_2bc, I4mm, I4cm, I4_1md, I4_1cd$
Тригональная	$D_{2d}^1-D_{2d}^{12}$	$P\bar{4}2m, P\bar{4}2c, P\bar{4}2_1m, P\bar{4}2_1c, P\bar{4}m2, P\bar{4}c2, P\bar{4}b2, P\bar{4}2n, I\bar{4}m2, I\bar{4}c2, I\bar{4}2m, I\bar{4}2d$
	$D_{4h}^1-D_{4h}^{20}$	$P4/mmm, P4/mcc, P4/nbm, P4/nnc, P4/mbm, P4/mnc, P4/nmm, P4/ncc, P4_2/mmc, P4_2/mcm, P4_2/nbc, P4_2/nnm, P4_2/mbc, P4_2/mnm, P4_2/nmc, P4_2/ncm, I4/mmm, I4/mcm, I4_1/amd, I4_1/acd$
	$C_3^1-C_3^4$	$P3, P3_1, P3_2, R3$
	$C_{3i}^1-C_{3i}^2$	$P\bar{3}, R\bar{3}$
	$D_3^1-D_3^7$	$P312, P321, P3_112, P3_121, P3_212, P3_221, R32$
	$C_{3v}^1-C_{3v}^6$	$P3m1, P31m, P3c1, P31c, R3m, R3c$
	$D_{3d}^1-D_{3d}^6$	$P\bar{3}1m, P\bar{3}1c, P\bar{3}m1, P\bar{3}c1, R\bar{3}m, R\bar{3}c$
Гексагональная	$C_6^1-C_6^6$	$P6, P6_1, P6_5, P6_2, P6_4, P6_3$
	C_{3h}^1	$P\bar{6}$
	$C_{6h}^1-C_{6h}^2$	$P6/m, P6_3/m$
	$D_6^1-D_6^6$	$P622, P6_122, P6_522, P6_222, P6_422, P6_322$
	$C_{6v}^1-C_{6v}^4$	$P6mm, P6cc, P6_3cm, P6_3mc$
	$D_{3h}^1-D_{3h}^4$	$P\bar{6}m2, P\bar{6}c2, P\bar{6}2m, P\bar{6}2c$
	$D_{6h}^1-D_{6h}^4$	$P6/mmm, P6mcc, P6_3/mcm, P6_3/mmc$
Кубическая	T^1-T^5	$P23, F23, I23, P2_13, I2_13$
	$T_h^1-T_h^7$	$Pm\bar{3}, Pn\bar{3}, Fm\bar{3}, Fd\bar{3}, Im\bar{3}, Pa\bar{3}, Ia\bar{3}$
	O^1-O^8	$P432, P4_232, F432, F4_132, I432, P4_332, P4_132, I4_132$
	$T_d^1-T_d^6$	$P\bar{4}3m, F\bar{4}3m, I\bar{4}3m, P\bar{4}3n, F\bar{4}3c, I\bar{4}3d$
	$O_h^1-O_h^{10}$	$Pm\bar{3}m, Pn\bar{3}n, Pm\bar{3}n, Fn\bar{3}m, Fm\bar{3}m, Fm\bar{3}c, Fd\bar{3}m, Fd\bar{3}c, Im\bar{3}m, Ia\bar{3}d$