



МАГНИТНАЯ СИММЕТРИЯ

Авторы: Е. Б. Логинов

МАГНИТНАЯ СИММЕТРИЯ, симметрия кристаллов, учитывающая специфику их магнитных свойств. Понятие о М. с. было введено Л. Д. [Ландау](#) и Е. М. [Лифшицем](#) в 1959. Необходимость его введения вызвана тем обстоятельством, что кристаллы, обладающие одинаковой пространственной симметрией (см. [Симметрия кристаллов](#)), могут как обладать, так и не обладать магнитными свойствами. В первом случае говорят, что в кристалле имеется [магнитная структура атомная](#). В М. с. учитывается симметрия уравнений движения по отношению к операции обращения времени R , под действием которой координаты всех точек кристалла остаются неизменными, а скорости и направления спинов меняются на противоположные. Соответственно, под действием операции

R средняя по времени микроскопич. плотность заряда

$\rho(x, y, z)$, описывающая электр. структуру кристалла, не меняется, а микроскопич.

средняя плотность магнитного момента

$m(x, y, z)$ меняет знак. Группой магнитной симметрии кристалла называется множество пространственных преобразований и комбинаций из пространственных преобразований и

R , оставляющих инвариантными функции

$\rho(x, y, z)$ и

$m(x, y, z)$. Если представить операцию

R как замену чёрного цвета на белый, то группы магнитной симметрии совпадают с шубниковскими группами симметрии и антисимметрии.

Существуют три типа групп магнитной симметрии: серые, белые и чёрно-белые. Для кристаллов без магнитной структуры [

$m(x, y, z) = 0$] группа магнитной симметрии

\tilde{G} содержит операцию

R и является прямым произведением пространственной группы

G на группу, состоящую из операции

R и тождественной операции:

$\tilde{G} = G + RG$ (серые группы). Белые группы вообще не содержат операции

R и совпадают с фёдоровскими группами. Чёрно-белые группы содержат операцию

R только в комбинациях

g

– = Rg с пространственными преобразованиями

g , отличными от тождественного преобразования.

Среди макроскопич. магнитных свойств особое место занимает намагниченность

M . Любой магнитный класс, допускающий намагниченность, есть подгруппа группы симметрии магнитного момента

m

– $\cdot \infty : m$ (обозначения по Шубникову), состоящей из оси бесконечного порядка

∞ (вдоль вектора

M), перпендикулярной ей плоскости симметрии

m

– , а также бесконечного числа проходящих через ось

∞ антиплоскостей симметрии

m

– (т. е. плоскостей отражения с одновременным обращением времени) и

перпендикулярных оси

∞ антиосей второго порядка 2.

Всего имеется 1651 магнитная (шубниковская) пространственная группа, из них 230 серых, столько же белых и 1191 чёрно-белая. Для анализа макроскопич. свойств достаточно ограничиться точечной симметрией (классом). Число точечных групп M . с. (кристаллографич. магнитных классов) составляет 122 (вместо 32 обычных кристаллографических), из них 32 серые – такими группами описываются пара- и диамагнетики; 32 белые – такими группами могут, в частности, обладать антиферромагнетики с удвоенной магнитной ячейкой; 58 чёрно-белых, из которых 27 описывают антиферромагнетизм, остальные 31 допускают ферромагнетизм (включая ферримагнетизм и слабый ферромагнетизм антиферромагнетиков).

Знание М. с. важно при построении феноменологич. теорий магнитоупорядоченных кристаллов со сложной магнитной структурой. На основе изучения М. с. антиферромагнетиков был предсказан ряд новых эффектов ([пьезомагнетизм](#), [магнитоэлектрический эффект](#) и др.) и указаны классы веществ, в которых они должны наблюдаться.

Литература

Лит.: Копчик В. А. Шубниковские группы. М., 1966; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. 4-е изд. М., 2005.