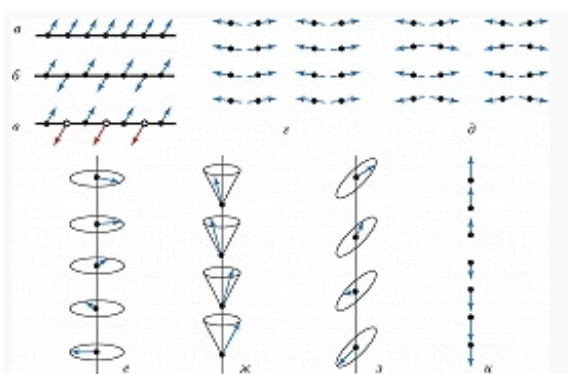


МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА АТОМНАЯ

Авторы: С. А. Никитин

МАГНИТНАЯ СТРУКТУРА АТОМНАЯ, упорядоченное пространственное расположение магнитных моментов атомов в кристаллах. Для возникновения М. с. а. необходимо: наличие у атомов собств. магнитных моментов, вследствие чего возможно образование результирующего спонтанного магнитного момента в веществе даже в отсутствие магнитного поля; существование обменного взаимодействия, приводящего к появлению ниже темп-ры магнитного упорядочения некоторого эффективного поля, которое преодолевает дезориентирующее действие теплового движения, в результате чего возникает упорядоченное расположение магнитных моментов.

На магнитный момент атома в твёрдом теле действует также локальное электростатич. поле, создаваемое окружающими ионами. Оно создаёт локальную ось лёгкого намагничивания, вдоль которой и располагается магнитный момент атома, и соответствующую энергию локальной магнитной анизотропии. В результате конкуренции обменных взаимодействий и локальной магнитной анизотропии образуется М. с. а., характер которой определяется величиной и знаком как интегралов обменных взаимодействий, так и констант локальной магнитной анизотропии.



Наиболее распространённые типы магнитных атомных структур.

Число М. с. а. в кристаллах велико, и они бывают достаточно сложными. Осн. типы М. с. а. представлены на рис. Самыми простыми являются т. н. коллинеарные М. с. а. К ним относятся: ферромагнитная (напр., в Fe, Co, Ni и др.) (рис., а), которая характеризуется параллельным дальним порядком в расположении атомных магнитных моментов в

кристалле и обеспечивается преобладающими положительными обменными взаимодействиями; антиферромагнитная (напр., в оксидах Mn, Co, Fe и хлоридах Fe, Co, Ni) (рис., б), для которой характерно образование двух взаимопроникающих ферромагнитных подрешёток с антипараллельно ориентированными магнитными моментами, в результате чего спонтанная намагниченность образца равна нулю (это обусловлено тем, что обменные взаимодействия между подрешётками являются отрицательными и превышают по абсолютной величине магнитокристаллич. взаимодействия); ферримагнитная (напр., в магнетите Fe_3O_4 , ферритах, редкоземельных интерметаллидах) (рис., в), которая состоит из двух ферромагнитных подрешёток, магнитные моменты которых ориентированы навстречу друг другу за счёт отрицательных обменных взаимодействий, однако в отличие от антиферромагнетиков эти магнитные моменты не равны друг другу, в результате чего ниже темп-ры магнитного упорядочения образуется результирующая спонтанная намагниченность.

В некоторых веществах (редкоземельный ортоферрит $TbFeO_3$, гематит Fe_2O_3 , $CoCO_3$ и др.) комбинация обменного и спин-орбитального взаимодействий приводит к тому, что магнитные моменты подрешёток становятся не строго антипараллельными, вследствие чего возникает слабый ферромагнитный момент. Такая М. с. а. называется слабой ферромагнитной (рис., г) и относится к слабонеколлинеарным М. с. а. К этому же типу структур относится и слабонеколлинеарная многоподрешёточная антиферромагнитная структура (напр., в Cr_2O_3) (рис., д).

Периодич. магнитные структуры характеризуются периодич. изменением компонент атомных магнитных моментов вдоль некоторых кристаллографич. направлений. Частным случаем являются спиральные магнитные структуры, напр. антиферромагнитная спираль в Eu, Tb, Dy, Ho, $MnAu_2$ (рис., е). Эту структуру можно представить как последовательность атомных плоскостей, в каждой из которых магнитные моменты атомов параллельны и образуют магнитный слой, в то время как при перемещении вдоль оси спирали магнитные моменты соседних слоёв поворачиваются на некоторый угол. Таким образом, проекции магнитных моментов слоёв S_x и S_y на кристаллографич. оси в плоскости слоёв осциллируют.

Результирующий магнитный момент антиферромагнитной спирали равен нулю. В случае если S_x и S_y осциллируют, а проекция магнитного момента на ось спирали S_z является постоянной и отличной от нуля, получается ферромагнитная спираль с некоторым результирующим моментом (напр., в Er, Ho) (рис., ж). Если S_z тоже осциллирует, то образуется структура, называемая сложной магнитной спиралью (напр., в TbMn₂) (рис., з).

Обнаружены периодич. магнитные структуры, периоды которых не связаны с периодом кристаллич. решётки (несоизмеримые структуры), а также модулированные периодич. магнитные структуры (спин-слип-структуры). К особой группе М. с. а. относятся т. н. полупериодические структуры, напр. продольная спиновая волна, в которой $S_x=0$ и $S_y=0$, а компонента S_z осциллирует (напр., в Cr, Er, MnSe₂, NpAs) (рис., и).

Большую часть информации об М. с. а. получают с помощью магнитной нейтронографии.

Литература

Лит.: Туров Е. А. Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов. М., 1963; Нейтроны и твердое тело. М., 1981. Т. 2: Изюмов Ю. А., Найш В. Е., Озеров Р. П. Нейтронография магнетиков; Изюмов Ю. А. Физические основы магнитной нейтронографии // Успехи физических наук. 1997. Т. 167. № 5.