

вуализуется имеющейся в образцах магнитной доменной структурой, а последняя для антиферромагнетиков изучена весьма слабо. В ряде случаев для уточнения модели М. а. с. используют и др., недифракционные методы, напр. Мёссбауэра эффект, ферро- и антиферромагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, измерения кривых намагничивания в разных направлениях, температурные зависимости намагниченности, рентгеновские измерения, дилатометрич. измерения и измерения под давлением.

Большую роль при изучении М. а. с. кристаллов играют теоретич. методы, напр. феноменологич. теория М. а. с., рассматривающая симметрию кристалла и его конкретную структуру [3]. Привлечение математич. аппарата теории неприводимых представлений пространств групп (см. Симметрия кристаллов) и использование идей теории фазовых переходов Л. Д. Ландау позволило решать задачи о перечислении типов М. а. с., возможных в данном кристалле. Это значительно облегчает отбор пробных моделей М. а. с. для расшифровки нейтронограмм [4]. Кроме того, существенно ускорило расшифровку широкое использование для этой цели ЭВМ. Количество магнетиков, структура к-рых определена методом магн. нейтронографии, составляет неск. тысяч.

В большинстве магнетиков, обладающих М. а. с., за взаимную ориентацию атомных спинов ответственно изотропное обменное взаимодействие (см. Обменное взаимодействие в магнетизме), тогда как за привязку М. а. с. к осям кристалла и за её небольшие искажения ответственны более слабые релятивистские взаимодействия, напр. Дзюлошинского взаимодействия. Поэтому задача об определении типа М. а. с. часто ставится и решается именно в таком обменном приближении, в связи с чем существует самостоят. понятие о б м е н н о й М. а. с.

Совр. задачей теории является анализ микроскопич. взаимодействий, ответственных за тот или иной тип М. а. с. Для простых коллинеарных типов ($a - e$ на рис.) основным является обменное взаимодействие, описываемое гамильтонианом гейзенберговского вида — $J_1(S_i S_j)$, где J_1 — обменный интеграл для ближайших атомов-соседей; при этом в зависимости от знака J_1 реализуется параллельная или антипараллельная М. а. с. Такое обменное взаимодействие в зависимости от типа кристаллов может быть как прямым, так и косвенным (сверхобмен). Напр., в переходных 4f-металлах (от Ce до Lu) самым сильным является косвенный обмен через электроны проводимости, а в соединениях — через немагн. атомы. В создании слабоколлинеарных М. а. с. (типов g и d на рис.) важную роль играет антисимметричный обмен Дзюлошинского — Мориа $D[S_i S_j]$ или его спин-орбитальные аналоги $\lambda(1)[L_i S_i]$ (спин — своя орбита) и $\lambda(12)[L_i S_j]$ (спин — чужая орбита), а также механизм одноионной анизотропии (см. Магнитная анизотропия) и магн. диполь-дипольного взаимодействия. Для реализации винтовых М. а. с. (спиралей типов $ж - u$) определяющей может быть борьба конкурирующих обменных взаимодействий с ближайшими соседями и со следующими за ближайшими атомами: $J_1 > 0$ и $J_2 < 0$; при этом угол спирали ϕ определяется выражениями вида $\cos \phi = -J_2/4J_1$, а спираль наз. о б м е н н о й. Существуют и обменно-релятивистские механизмы образования спиралей. Наконец, для упорядоченных М. а. с. (типов $к - м$ на рис.) микроскопич. механизмы ещё не выявлены.

В металлах бинарных сплавах, содержащих компоненты A и B , при создании М. а. с. конкурируют три обменных интеграла: J_{AA} , J_{BB} и J_{AB} . Если $J_{AA} > 0$, $J_{BB} < 0$, $J_{AB} \approx 0$, что характерно для т. н. сплавов со смешанным обменным взаимодействием, то в них наряду с простыми ферро- и антиферромагн. М. а. с. в некой области составов (концентраций A и B) реализуется чрезвычайно сложные неколлинеарные структуры с неограниченным числом магн. подрешёток.

Менее разработаны представления о М. а. с. в магнетиках, в к-рых преобладает магнетизм коллективизированных электронов (для них осн. понятиями, характеризующими М. а. с., являются волны зарядовой и спиновой плотности, их ВВ и векторы поляризации).

Лит.: 1) Magnetic structures. Determined by neutron diffraction, Warsz.-Krakow, 1976; 2) Cox D. E., Table of antiferromagnetic materials studied by neutron diffraction. Rep. of Brookhaven National Laboratory, № 13822, 1972; 3) Туров Е. А., Физические свойства магнитоупорядоченных кристаллов, М., 1963; 4) Изюмов Ю. А., Найш В. Е., Озеров Р. П., Нейтронография магнетиков, М., 1981. В. Е. Найш.

МАГНИТНАЯ ВОСПРИЙМЧИВОСТЬ, величина, характеризующая связь намагниченности вещества с магнитным полем в этом веществе. М. в. и в статич. полях равна отношению намагниченности вещества M к напряжённости H намагничивающего поля: $\chi = M/H$; χ — величина безразмерная. М. в., рассчитанная на 1 кг (или 1 г) вещества, наз. удельной ($\chi_{уд} = \chi/\rho$, где ρ — плотность вещества), а М. в. одного моля — м о л я р н о й (или атомной): $\chi = \chi_{уд} \cdot m$, где m — молекулярная масса вещества. С магнитной восприимчивостью χ М. в. в статич. полях (статич. М. в.) связана соотношениями: $\mu = 1 + 4\pi\chi$ (в ед. СГС), $\mu = 1 + \chi$ (в ед. СИ).

М. в. может быть как положительной, так и отрицательной. Отрицательной М. в. обладают диамагнетики (ДМ), они намагничиваются против поля; положительной — парамагнетики (ПМ) и ферромагнетики (ФМ), они намагничиваются по полю. М. в. ДМ и ПМ мала по абс. величине ($\sim 10^{-6} - 10^{-4}$), она слабо зависит от H и то лишь в области очень сильных полей (и низких темп-р). Значения М. в. см. в табл.

Атомная (молярная) магнитная восприимчивость некоторых диамагнетиков и парамагнетиков (при нормальных условиях) *

Магнетики	$\chi \cdot 10^6$	Магнетики	$\chi \cdot 10^6$
Диамагнетики		Парамагнетики	
Элементы		Элементы	
Гелий He	-2,02	Магний Mg	13,25
Медь Cu	-5,41	Натрий Na	16,1
Неон Ne	-6,96	Рубидий Rb	18,2
Бериллий Be	-9,02	Барий Ba	20,4
Цинк Zn	-11,40	Калий K	21,35
Аргон Ar	-19,23	Литий Li	24,6
Серебро Ag	-21,5	Цезий Cs	29,9
Золото Au	-29,59	Кальций Ca	44,0
Висмут Bi	-284,0	Вольфрам W	55
Неорганические соединения		Неорганические соединения	
H ₂ O (жидкость)	-13,0 (0 °C)	Стронций Sr	91,2
CO ₂ (газ)	-21	Титан Ti	161,0
AgCl	-49,0	Платина Pt	189,0
BiCl ₃	-100,0	Уран U	414,0
Органические соединения		Плутоний Pu	
Метан CH ₄ (газ)	-16,0		627,0
Бензол C ₆ H ₆	-34,85	UF ₆	43
Анлиш C ₆ H ₅ N	-62,95	FeS	1074
Нафталин C ₁₀ H ₈	-91,8	MnCl ₂	14 350
Октан C ₈ H ₁₈	-96,63	EuCl ₃	26 500
Дифениламин C ₁₂ H ₁₁ N	-107,1	CoCl ₂	121 660

* Данные приведены для СГС системы единиц.

М. в. достигает особенно больших значений в ФМ (от неск. десятков до многих тыс. единиц), причём она очень сильно и сложным образом зависит от H . Поэтому для ФМ вводят дифференциальную М. в. $\chi_d = dM/dH$, к-рая характеризует зависимость $M(H)$ в каждой точке кривой намагничивания. При $H=0$ χ_d ФМ не равна нулю, а имеет значение χ_a , её наз. а ч а л ь н о й М. в. С увеличением H М. в. ФМ растёт, достигая максимума $\chi_d = \chi_{макс}$ на крутом участке кривой намагничивания (в области Баркгаузена эффекта), и затем вновь уменьшается. При очень высоких значениях H (или при темп-рах, не очень близких