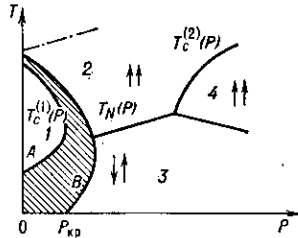


$\beta > 0$ (что характерно для большинства магнетиков) любое $P \leq P_{кр}$ индуцирует М. ф. п. 1-го рода ФМ—ПМ, исчезающий выше критич. давления $P_{кр}$. При дальнейшем возрастании P (напр., в интерметаллич. соединениях MnAs) возникает АФМ-фаза с М. ф. п. 2-го рода АФМ—ПМ; затем происходит структурный фазовый переход и возникает новая ФМ-фаза с соответствующим М. ф. п. 2-го рода ФМ—ПМ (рис. 4). Во всех случаях барич. производная критич. темп-ры $dT_{C,N}/dP \sim (-\beta)$; её знак может меняться в разл. областях изменения давления. При изоструктурном замещении

Рис. 4. МФД для двухподрешиёчного магнетика, находящегося под действием одноосного внешнего сжатия (на примере MnAs): 1 — ФМ1-фаза (высокоспиновая) низкого давления; 2 — ПМ-фаза; 3 — АФМ-фаза; 4 — ФМ2-фаза (низкоспиновая) высокого давления (фазы 1 и 4 отличаются типом кристаллической структуры); $P_{кр}$ — критическое давление; $T_C(N)$ — точки Кюри (Нееля). Заштрихована область метастабильности между границами устойчивости фаз 1, 2 и 3 (А, В — соответственно нижняя и верхняя границы). Пунктиром обозначена граница структурного фазового перехода [6].



(напр., MnAs \rightarrow MnSb) постоянная решётки возрастает, т. е. имеет место эффект, эквивалентный наложению отрицат. давления (растяжению образца); при этом М. ф. п. ФМ—ПМ (напр., при $P_{атм} < P_{кр}$ в MnSb) вновь становится переходом 2-го рода.

Существенно, что при значениях темп-ры T и давления P в метастабильной области МФД на рис. 4 для MnAs (где её границы от 2 до 6,5 кбар) или его сплавов с переходными 3d-металлами наложение внеш. магн. поля $H \geq H_{кр}$ (T, P) индуцирует необратимый М. ф. п. из ПМ- или АФМ-фазы в ФМ-фазу. Особенно велика роль внеш. магн. поля, когда $P_{кр} < 0$ и ФМ-фаза при всех давлениях $P \geq 0$ является «скрытой», т. е. спонтанно не реализуется, что наблюдается, напр., в сплавах MnFe_x (или Co_x)As при $x \geq 0,01$. В этом случае наложение H приводит к смещению всей МФД в область положит. давлений и делает ФМ-фазу доступной наблюдению.

Концентрационные М. ф. п. происходят при неизменных значениях темп-ры T , магн. поля H и давления P и характерны для сложных магн. соединений переменного состава и, как правило, неупорядоченной

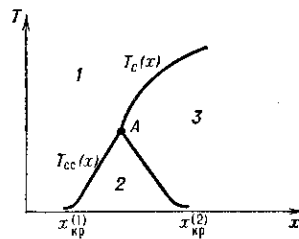


Рис. 5. МФД для диэлектрического сплава на примере $\text{Eu}_x\text{Sr}_{1-x}\text{S}$: 1 — ПМ-фаза; 2 — СС-фаза; 3 — ФМ-фаза; А — тройная точка; $x_{кр}^{(1,2)}$ — критические значения концентрации [11].

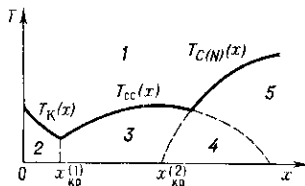


Рис. 6. МФД бинарного металлического сплава благородного металла с переходными: 1 — ПМ-фаза; 2 — кондо-фаза; 3 — СС-фаза; 4 — асперомагнитная фаза; 5 — ФМ- или АФМ-фаза; T_K — температура Кондо; $T_{сс}$ — температура замерзания; $T_{C(N)}$ — температура Кюри (Нееля); $x_{кр}^{(1)}$ — предел разбавления; $x_{кр}^{(2)}$ — предел перколяции [11].

что обычно приводит при $T=0$ к двум М. ф. п. при достижении критич. значений $x_{кр}^{1,2}$. В обоих случаях при $x < x_{кр}^{(1)}$ магн. ионы являются почти изолированными («режим одиночной примеси»), и в магнетике реализуется слабомагн. ПМ-фаза (рис. 5) или кондо-фаза (рис. 6, см. также Кондо-эффект). При достижении т. н. предела разбавления $x_{кр}^{(1)}$ между примесными моментами возникают конкурирующие обменные взаимодействия и магнетик переходит в СС-фазу. С дальнейшим увеличением x возрастает роль прямого обмена и тенденция к образованию магн. кластеров; наконец, при достижении $x_{кр}^{(2)}$, т. н. предела перколяции (протекания), устанавливается дальний магн. порядок: сначала смешанная асперомагн. фаза (см. Сперомагнетизм), а затем чистая АФМ- или ФМ-фаза.

При $T \neq 0$ фазовые границы определяются температурными зависимостями $x_{кр}^{(1,2)}(T)$ или, что то же, концентрац. зависимостями темп-р замерзания спинового стекла $T_{сс}^{1,2}(x)$ и точек Кюри (Нееля) $T_{C,N}(x)$, пересекающимися в тройной точке А, выше к-рой СС-фаза вообще не возникает. В случае МФД на рис. 6 имеется, кроме того, фазовая граница $T_K(x)$, соответствующая переходу из кондо-фазы в ПМ-фазу; эта МФД характерна, напр., для разбавленных твёрдых растворов типа AB_x с РККИ-взаимодействием, где А — благородный металл (Au, Ag, Pt), образующий диамагн. матрицу, В — переходный 3d-металл (Fe, Ni, Co). Кондо-фаза возникает в примесных металлич. магнетиках благодаря эффекту Кондо, состоящему в частичной экранировке (компенсации) магн. момента примесных d-ионов за счёт их антиферромагнитного s — d-обменного взаимодействия со спинами s-электронов проводимости. Кондо-фаза переходит в СС-фазу при $x_{кр}^{(1)} \approx 10^{-4}$, тогда как для ФМ-фазы в AuFe $x_{кр}^{(2)} \approx 0,17$, для АФМ-фазы в CuMn $x_{кр}^{(2)} \approx 0,45$.

Концентрац. метамангнитные (см. Метамангнетик) М. ф. п. 1-го рода ФМ—АФМ осуществляются в (квази) бинарных концентр. сплавах ФМ- и АФМ- 3d-металлов, напр. в $\text{Fe}_x\text{Cr}_{1-x}$ (или Ni_{1-x}) (рис. 7), некоторых сталях $\text{Fe}_a\text{Ni}_{1-a-x}\text{M}_x$ ($\text{M}=\text{Mn, Cr, V}$; $a=\text{const}$), а также в $\text{Mn}_{1-x}\text{Cr}_x\text{Sb}$ и $\text{Fe}(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})_2$ при значениях $x_{кр} \approx 0,5$. Конкуренция прямых ФМ- и АФМ-взаимодействий (соответственно, $J_1 > 0$ в первой и $J_2 < 0$ во второй координац. сферах, $J_1 = 2|J_2|$) и вызванная ею фрустрация приводит к концентрац. М. ф. п. в диэлектрич. сплаве $\text{Eu}_x\text{Sr}_{1-x}\text{S}$, причём $x_{кр}^{(1)} \approx 0,1$, $x_{кр}^{(2)} \approx 0,5$ (при $x=0$ образец — идеальный

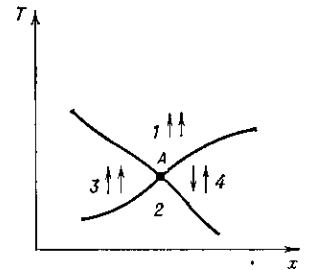


Рис. 7. МФД для интерметаллического сплава 3d-переходных ферро- и антиферромагнетиков: 1 — ПМ-фаза; 2 — СС-фаза; 3 — ФМ-фаза; 4 — АФМ-фаза; А — тетракритическая точка; $T_{сс}$ — температура замерзания; $T_{C(N)}$ — точка Кюри (Нееля) [11].

диамагнетик, при $x=1$ — ферромагнетик); то же верно для ряда легиров. магнетиков со структурой граната.

Концентрац. М. ф. п. типа ПМ—СС происходят также в сложных полупроводниках, напр. во «фрустрированных» тройных халькогенидных сплавах с широкой ($\text{Cd}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$) и узкой ($\text{Hg}_{1-x}\text{Mn}_x\text{Te}$ или Se) запрещёнными зонами, где преобладающим при $x \geq x_{кр} \approx 0,16$ является прямое антиферромагн. взаимодействие ионов Mn^{2+} (рис. 8). В сплавах первого типа в пределе больших концентраций ($x \geq 0,7$) реализуется АФМ-фаза, к-рая не обнаруживается в спла-

атомной структуры (аморфных магнитных диэлектриков и магнитных полупроводников, металлических стёкол и т. п.). При изменении концентрации x примесных магн. ионов изменяется характер эффективного прямого или косвенного (в т. ч. РККИ-) взаимодействия,