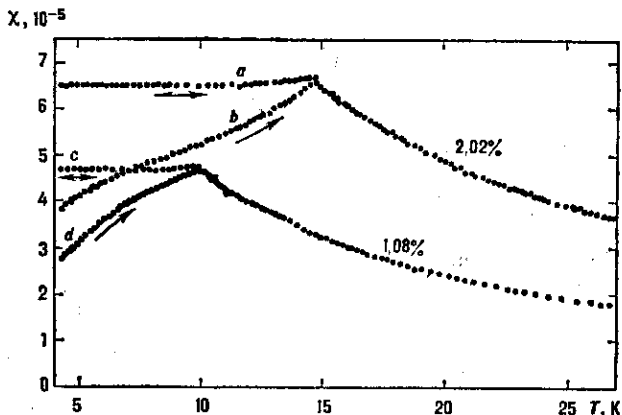


магнетика. Выше T_f С. с. переходит в равновесную магн. фазу (напр., парамагнитную). У любых веществ в состоянии С. с. существует ближний магн. порядок; дальний магн. порядок может реализовываться (см. Асперомагнетизм, Сперимагнетизм) или отсутствовать (см. Сперомагнетизм). Неравновесность состояния С. с.



Температурные зависимости $\chi(T)$ статической магнитной восприимчивости сплава Cu — Mn для 1,08 и 2,02 атомных % Mn. Участки a и c получены в поле $5,9 \cdot 10^{-4}$ Тл, которое было приложено к образцам выше T_f ещё до их охлаждения. Участки b и d были получены после охлаждения образцов ниже T_f без магнитного поля и последующим повышением температуры в поле $5,9 \cdot 10^{-4}$ Тл.

определяет зависимость его физ. параметров от времени, магн. и термич. предыстории (как физ., так и технол.) данного образца, а также от степени однородности, хим. чистоты и др. Всё это резко осложняет получение воспроизводимых эксперим. результатов. Для С. с. характерны макроскопич. необратимые эффекты, в т. ч. магнитная вязкость, магнитное старение, гистерезис магнитный и обусловленные ими явления магн. последствия и памяти.

Характерными признаками магнитного фазового перехода в состояние С. с. в пост. внеш. магн. поле H являются: возникновение при $T > T_f$ и малых H намагниченности m и её рост при повышении темп-ры вплоть до T_f ; наличие при $T = T_f$ реального излома (быстро сглаживающегося с ростом H) статич. магн. восприимчивости $\chi = \partial M / \partial H$ (рис.), линейный ход магн. составляющей теплоёмкости C при низких T и отсутствие особенности C при $T = T_f$; отсутствие брэгговских пиков в магнитном рассеянии нейтронов, критич. замедление спиновой диффузии и др. При наблюдении перехода в фазу С. с. в переменном внеш. магн. поле с частотой ω обнаруживается ряд необычных для др. магн. фаз явлений: частотная зависимость (дисперсия) темп-ры замерзания T_f ; появление мнимой части динамич. восприимчивости $\chi''(\omega)$, наличие долговременной (логарифмич.) релаксации магнитной и НЧ-шумов.

Состояние С. с. наблюдалось ещё с нач. 60-х гг. в разбавленных бинарных магнитных сплавах и твёрдых растворах A_xB_{1-x} , содержащих магн. ионы в немагн. матрице (A — магн. ион переходного металла Mn, Fe; B — немагн. ион благородного металла Ag, Au или меди) в определённом интервале концентраций x ; однако термин «С. с.» возник лишь после детальных работ В. Канвеллы и Дж. Мидоша (V. Cannella, J. Mydosh, 1972). Характерные для С. с. эксперим. результаты были получены на магн. диэлектрике $Eu_xSr_{1-x}S$ при $0,13 \leq x \leq 0,64$ (при $x < 0,13$ в образце возникает суперпарамагнетизм, а при $x > 0,64$ — ферромагнетизм), на ряде бинарных и тройных систем, напр. на интерметаллич. сплавах переходных металлов друг с другом (Fe — Ni) и с редкоземельными металлами (Fe — Tb), редкоземельных сплавах типа Y — Tb, La — Cd, метглассах, полупроводниках HgTe или CdTe,

легированных Mn и др. Типичные магн. фазовые диаграммы с состоянием С. с. см. на рис. 5—8 в ст. Магнитный фазовый переход.

К проявляющимся в этих веществах конкурирующим взаимодействиям, влияющим на установление разл. видов магн. упорядочения, относятся: обменное взаимодействие и косвенное обменное взаимодействие ферро- или антиферромагн. характера; зависящее от взаимной ориентации магн. моментов диполь-дипольное взаимодействие; осциллирующее РККИ-обменное взаимодействие. В регулярных кристаллич. структурах такие взаимодействия могут приводить к появлению сложной неколлинеарной магнитной атомной структуры (в т. ч. несоизмеримой). В нерегулярных твердотельных системах (аморфных веществах, неупорядоченных двух- или многокомпонентных сплавах и твёрдых растворах) благодаря конкуренции и хаотич. взаимному расположению магн. и примесных ионов (вызывающих иногда случайное изменение локальной оси магн. анизотропии) возникает фрустрация магн. моментов, приводящая к образованию состояния С. с. В этом случае для расчёта наблюдаемых физ. величин кроме обычного термодинамич. усреднения по ансамблю систем с Гиббса распределением вероятности (обозначаемого $\langle \dots \rangle$) необходимо дополнит. усреднение (обозначаемое чертой сверху) по всем возможным реализациям хаотич. расположения магн. моментов или набора взаимодействий между ними; при этом в качестве ф-ции распределения обычно выбирается комбинация дельта-функций или Гаусса распределение. Полное (но математически сложное) решение задачи усреднения по случайным конфигурациям для свободной энергии С. с. даёт т. н. метод реплик (от франц. *replique* — копия, образ).

В отличие от обычных магнитоупорядоченных фаз, в С. с. фрустрированное осн. состояние имеет в пространстве конфигураций магн. моментов не один глобальный минимум энергии (или при наличии вырождения небольшое их число, ведущее к появлению магнитной долиненной структуры), а макроскопич. большое (растущее экспоненциально с ростом числа магн. моментов N) число локальных минимумов (долин), обладающих иерархической (у л ь т р а м е т р и ч е с к о й) структурой. Система магн. моментов С. с. испытывает случайную диффузию в пространстве долин, преодолевая потенциальные барьеры разл. высоты (в пределе больших N сколь угодно высокие). Этим объясняется практически непрерывный широкий диапазон времён магн. релаксации (по теоретич. оценкам, от 10^{-12} до 10^{40} с). В С. с. при $T = T_f$ благодаря фрустрации происходит переход системы магн. моментов в специфическое («замороженное») состояние, характеризующееся спонтанным нарушением эргодичности, — подобно тому, как обычный фазовый переход связан со спонтанным нарушением соотв. симметрии (см. Параметр порядка). Практически неэргодичность означает, что любое измерение магн. характеристики С. с. при конечных временах наблюдения описывает физ. свойства С. с. лишь в квазиравновесном состоянии, соотв. пребыванию системы магн. моментов в одной или нескольких (но заведомо не во всех) долинах α с вероятностями P_α .

Обобщённым параметром порядка для С. с. может служить случайная ф-ция распределения локальной намагниченности $m_i \equiv \langle S_i \rangle \neq 0$ в узле i (в случае многих долин — ф-ция m_i^*). Обычно ограничиваются двумя её

$$\begin{aligned} & \text{низшими моментами: ср. значением } m = (1/N) \sum_i m_i = \\ & = (1/N) \sum_\alpha P_\alpha \sum_i m_i^\alpha \text{ и дисперсией } q = (1/N) \sum_i m_i^2 = \\ & = (1/N) \sum_{\alpha\beta} P_\alpha P_\beta m_i^\alpha m_i^\beta. \end{aligned}$$