

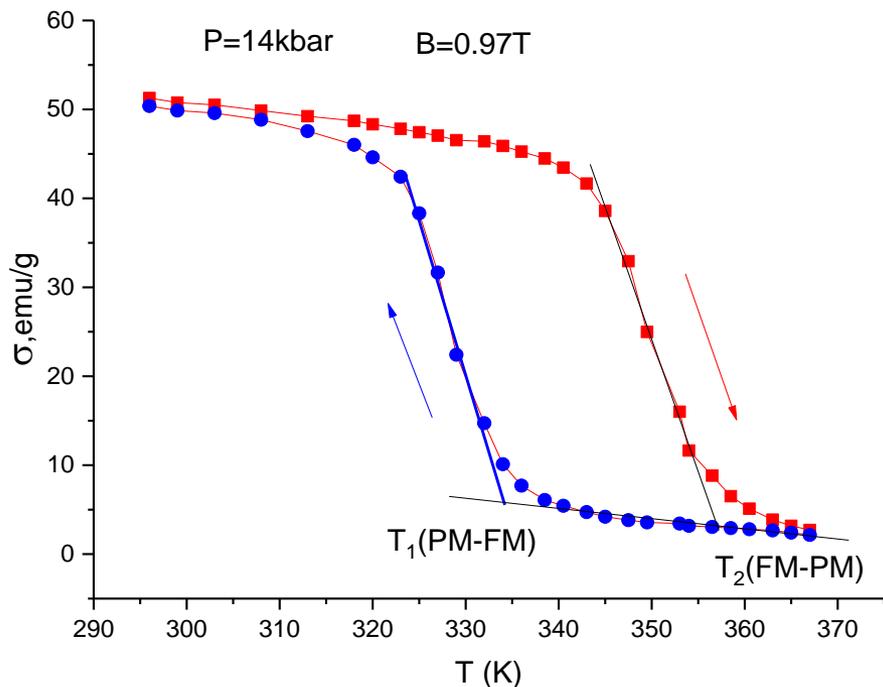
МАГНИТНЫЕ И МАГНИТОКАЛОРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СИСТЕМАХ С РЕВЕРСИВНЫМИ ПЕРЕХОДАМИ 1-ГО РОДА

Вальков В.И.¹, Каменев В.И., Головчан А.В.¹, Грибанов И.Ф.¹, Коледов В.В.²,
Шавров В.Г.², Митюк В.И.³

¹ГУ “Донецкий физико-технический институт”, Донецк, Украина,

²Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Москва,
Россия

³ГО “НПЦ НАН Беларуси по материаловедению”, Минск, Беларусь



Согласно Эренфесту магнитные фазовые переходы 1-го рода порядок-беспорядок характеризуются наличием скачков первых производных термодинамического потенциала: параметров магнитного и структурного порядков, объема и энтропии, а также несовпадением температур устойчивости исходной (T_1) и конечной (T_2) фаз. Рис.1 иллюстрирует это определение на примере перехода 1-го рода PM-FM в $Mn_{0.82}Cr_{0.18}NiGe$ под гидростатическим давлением $P=14$ кбар.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых российских ученых МК-355.2020.2, а также гранта РФФИ 18-07-01320.

Магнитоструктурные переходы порядок-беспорядок в системе $Mn_{1-x}Cr_xNiGe$

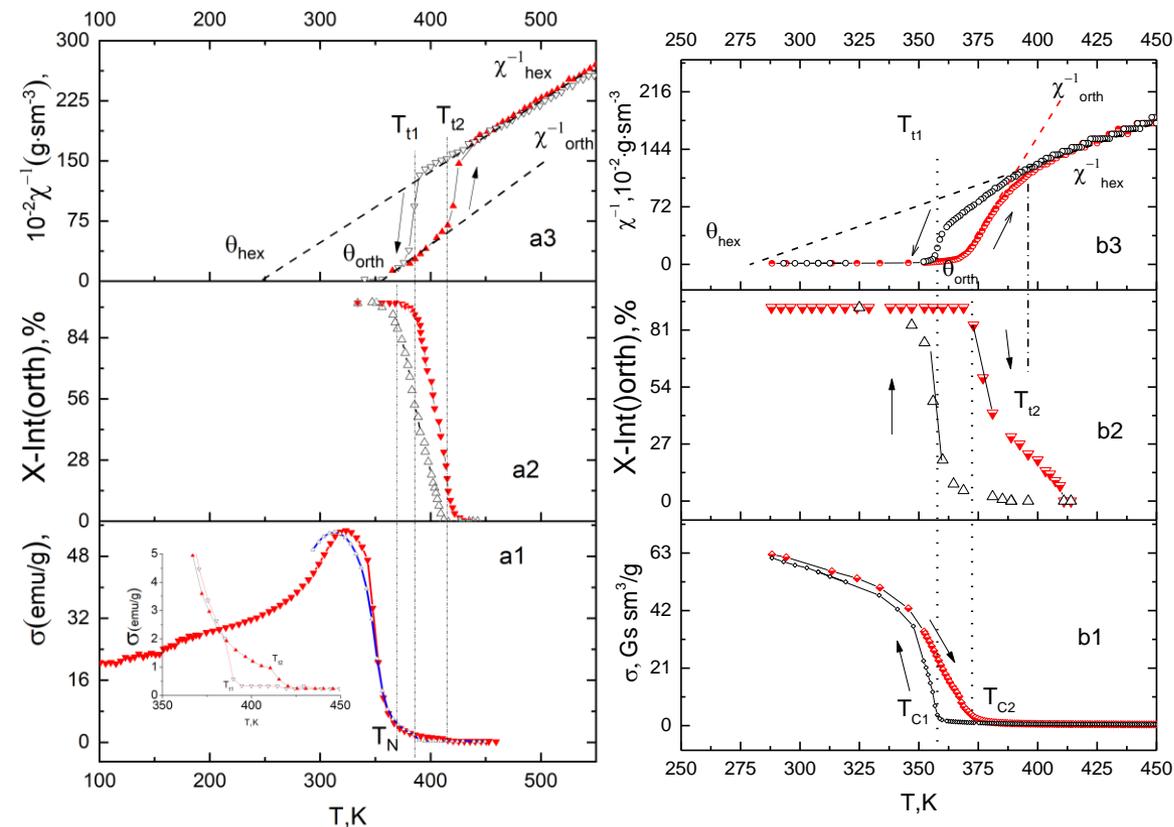


Рис.2. Корреляция между высокотемпературными аномалиями зависимостей обратной восприимчивости $\chi^{-1}(T)$, намагниченности $\sigma(T)$ и температурной зависимостью содержания ромбической(orth(P_{nma})) фазы в образце X-int(T). На вставке - фрагменты ВТ участков зависимостей $\sigma(T)$; темные символы - нагрев, светлые - охлаждение.

При $x < 0.18$ структурный и магнитный переходы разнесены по температуре. В этом случае реализуется парамагнитный структурный переход 1-го рода hex($P6_3/mmc$)-orth(P_{nma}), сопровождающийся аномалией $\chi^{-1}(T)$, и изоструктурный переход 2-го рода FM(orth)-AF(orth), рис.2а. При сближении температур лабильности магнитного и структурного переходов, например, при $x=0.18$, рис.2б может возникнуть реверсивный переход 1-го рода. Когда температура скачкообразного возникновения FM(orth) фазы T_{C1} совпадает с температурой T_{t1} скачкообразного возникновения ромбической фазы. При этом если температура исчезновения FM(orth) фазы $T_{C2} < T_{t2}$ то магнитное разупорядочение реализуется как изоструктурный переход 2-го рода.

Особенности реализации реверсивных переходов

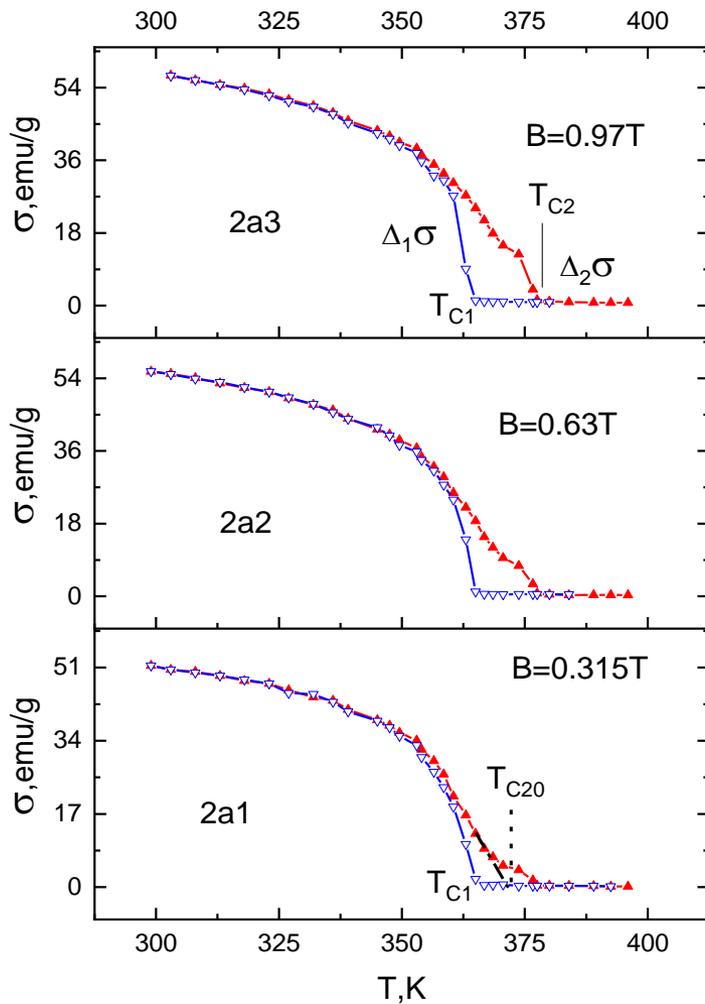


Рис.3. Температурные зависимости намагниченности образца с $x=0.18$ в полях с различной индукцией.

Реверсивные переходы в «чистом виде» реализуются только при отсутствии внешнего магнитного поля ($B=0$). Только в этом случае температура перехода T_{C20} - является температурой Кюри для изоструктурного перехода 2-го рода FM(orth)-PM(ort). Скачок намагниченности $\Delta_1\sigma$ в этом случае наблюдается только при $T=T_{C1}=T_{t1}$. В конечном поле, например, $B=0.97T$ магнитное разупорядочение проходит в 2 этапа. На первом этапе происходит основное плавное уменьшение намагниченности, которое при T_{C2} завершается небольшим скачком $\Delta_2\sigma \ll \Delta_1\sigma$. Этот скачок является следствием смещения подмагниченной ромбической фазы в температурную область спонтанной ее нестабильности ($T_{C2} \geq T_{t2}$). Присутствие этого скачка намагниченности обуславливает аномалию магнитной восприимчивости при спонтанных РМ структурных переходах и дает дополнительный вклад в структуру изотермической энтропии $\Delta S(T)$, рис.4.

Магнитокалорические особенности реверсивных переходов)

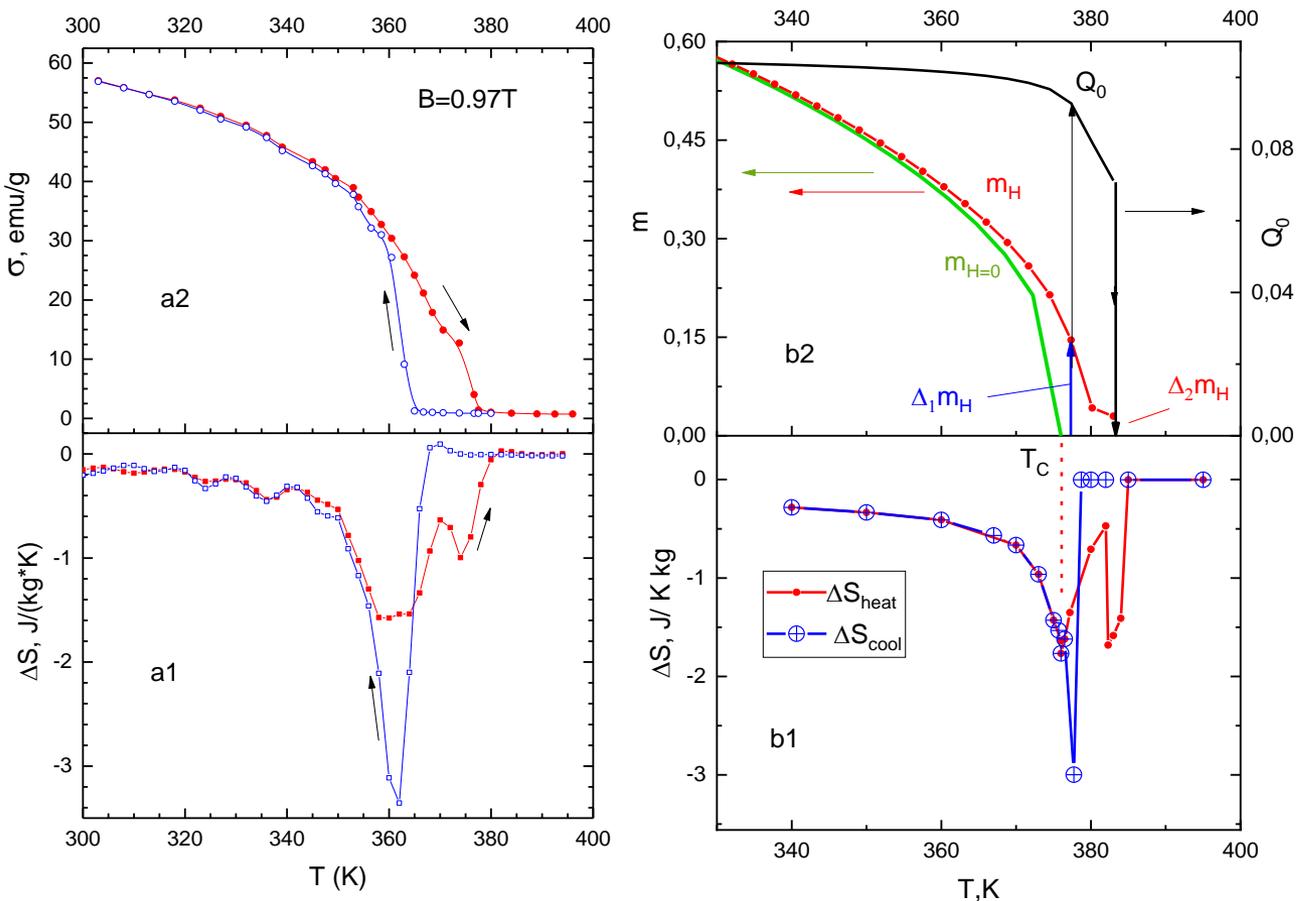


Рис.4. Изотермические изменения магнитной энтропии в $Mn_{0.82}Cr_{0.18}NiGe$ (a1,b1) совмещенные с магнитоструктурными характеристиками(a2,b2).

a-эксперимент (оценка проводилась по данным магнитных измерений с использованием соотношений Максвелла); b- теория.

Теоретический анализ магнитных и магнитокалорических особенностей проведен в рамках теории взаимодействующих параметров структурного Q_0 и магнитного m порядков[1]. Взаимосвязь между магнитной и структурной подсистемами описывается через зависимость величины интегралов обменного взаимодействия от Q_0 . Из рис.4b видно, что возникновение 2-го пика на зависимости $\Delta S(T)$ обусловлено исчезновением Q_0 при температуре T_{t2} структурного перехода $orth(P_{nma}) - hex(P6_3/mmc)$.