

**Магнитные дефекты в квазиодномерном $S = 1/2$
антиферромагнетике Sr_2CuO_3 .**

Е.Г. Сергейчева,¹ Л.А. Прозорова,¹ С.С. Сосин,¹ I.A. Zaliznyak²

¹Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН

²Brookhaven National Laboratory, 11973, Upton, New-York, USA

Одномерная спиновая цепочка представляет собой интересный объект для исследования: хотя основное состояние идеальной спиновой цепочки является неупорядоченным, ясно, что в реальных материалах всегда присутствуют еще и межцепочечные взаимодействия, что приводит к появлению параметра порядка, или ненулевого среднего значения магнитного момента на узле при температурах, меньших, чем T_N . При этом редукция магнитного момента в таких системах зависит от соотношения меж- и внутри цепочечных обменных взаимодействий. Одной из наиболее «идеальных» систем спиновых цепочек, известных сегодня является Sr_2CuO_3 . В этом соединении константа внутри-цепочечного обменного взаимодействия $J=2800K$, температура Нееля $T_N=5.4K$, отношение обменных констант для меж- и внутри-цепочечного взаимодействий $J'/J \approx 10^{-3}$, а средний магнитный момент в упорядоченной фазе составляет всего $\langle \mu \rangle \approx 0.06\mu_B$ [1,2]. При таком слабом спонтанном нарушении симметрии в системе, можно предположить, что спектр ЭСР будет обладать одновременно свойствами как упорядоченной, так и разупорядоченной систем. Кроме этого, для состояния такой системы должно быть существенным наличие и концентрация дефектов. Интенсивность отклика ЭСР определяется статической восприимчивостью, которая обратно пропорциональна основному обмену J , поэтому интенсивность сигнала от основной системы может оказаться по порядку близкой к интенсивности сигналов от дефектов, восприимчивость которых не зависит от J . Кроме этого, наличие даже малых концентраций дефектов может существенно изменять основное состояние системы спиновых цепочек [3].

Цель работы – сравнить спектры магнитного резонанса в нескольких образцах Sr_2CuO_3 в широком диапазоне температур, включая температуры ниже антиферромагнитного перехода, с целью выявления особенностей ЭСР, зависящих от чистоты образца, и проверки результатов, полученных ранее.

В результате проведенных экспериментов обнаружено, что в одном из образцов высокотемпературный ($T > T_N$) спектр ЭСР для трех принципиальных направлений внешнего поля ($H||a,b,c$) содержит три линии поглощения: один интенсивный (основной) сигнал и два

менее интенсивных сателлита S1 и S2. Соответствующая частотно-полевая диаграмма приведена на рис. 1.

Известно, что интегральная интенсивность сигнала ЭСР пропорциональна статической восприимчивости. Интегральная интенсивность основной моды не зависит от температуры в широком температурном диапазоне, что является характерным для одномерных спиновых цепочек. Кроме этого, анизотропия g-фактора основного сигнала соответствует симметрии кристаллографического окружения магнитных ионов. Из этого можно сделать вывод, что основной сигнал является сигналом от одномерных цепочек спинов.

Установлено, что g-факторы моды S1 и основной моды для разных ориентаций поля связаны следующими соотношениями: $g_{\text{осн}}^a = g_{\text{осн}}^b = g_{S1}^c = 2.03$, $g_{S1}^a = g_{S1}^b = g_{\text{осн}}^c = 2.22$, из чего можно сделать вывод, что мода S1 обусловлена наличием обрывов цепочек спинов. Интегральная восприимчивость этой моды зависит от температуры по закону Кюри, резонансное поле не смещается при изменении температуры, что является типичным для парамагнитного резонанса.

Для моды S2 установлено, что зависимость интегральной интенсивности от температуры описывается законом Кюри-Вейса; g-фактор этой моды изотропен и равен среднему значению g-фактора основной системы для различных ориентаций внешнего поля; ширина линии поглощения для моды S2 имеет линейную зависимость от магнитного поля. Из всего этого можно сделать вывод, что сигнал этого типа относится к изолированным ионам меди.

Для второго образца в высокотемпературном спектре ЭСР присутствуют только основная мода и примесная мода S2.

Из сравнения интегральных интенсивностей основной и примесных мод получены оценки для концентрации соответствующих примесей: $n_{S1} \sim 2.3 \cdot 10^{-5}$, $n_{S2} \sim 1 \cdot 10^{-3}$ для первого образца, и $n_{S2} \sim 1 \cdot 10^{-3}$ для второго образца.

По сдвигу линии АФМР от температуры была измерена температура перехода в упорядоченное состояние для второго образца, $T_N = 6.1 \text{ К}$ (ранее измеренная T_N для первого образца $T_N = 5.4 \text{ К}$). Зависимость T_N от концентраций примесей типа S1 [3] позволяет оценить концентрацию дефектов косвенно. Для изученных образцов обнаруженное различие между температурами нееля возможно при концентрации примесей типа $n_{S1} \sim 3 \cdot 10^{-4}$, что отличается от полученной экспериментально величины на порядок.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что концентрация дефектов типа S1 в первом образце могла бы привести к различию в температурах нееля двух образцов, на

порядок меньшему, чем это наблюдается в эксперименте. Из чего следует, что различие T_N обусловлено какими-то другими причинами. Также установлено, что концентрация дефектов типа S2 одинакова для двух образцов и не оказывает существенного влияния на спектр ЭСР за исключением низких температур ($<T_N$), где эта мода связывается с сигналом от основной системы. Отсюда следует, что исследование магнитных свойств Sr_2CuO_3 возможно в широком диапазоне температур без учета влияния дефектов.

На рис. 1 представлен спектр ЭСР в Sr_2CuO_3 в разупорядоченной фазе (при $T = 10K$) для трех взаимно-перпендикулярных направлений внешнего магнитного поля, приложенного вдоль осей кристалла для первого образца.

Литература

[1] *Motoyama N., Eisaki H., Uchida S.*

Magnetic susceptibility of ideal spin 1/2 Heisenberg antiferromagnetic chain systems
 Sr_2CuO_3 and $SrCuO_2$

Phys. Rev. Lett. - 1996. - **76**. - С. 3212.

[2] *Kojima K. M., Fudamoto Y., Larkin M., et al*

Reduction of ordered moment and Néel temperature of quasi-one-dimensional antiferromagnets
 Sr_2CuO_3 and Ca_2CuO_3 .

Phys. Rev. Lett. - 1997. - **78**. - С. 1787.

[3] *Kojima K. M., et al*

Site-dilution in the quasi-one-dimensional antiferromagnet $Sr_2(Cu_{1-x}Pd_x)O_3$: reduction of neel temperature and spatial distribution of ordered momentum sizes.

Phys. Rev. B - 2004. - **70**. - 094402

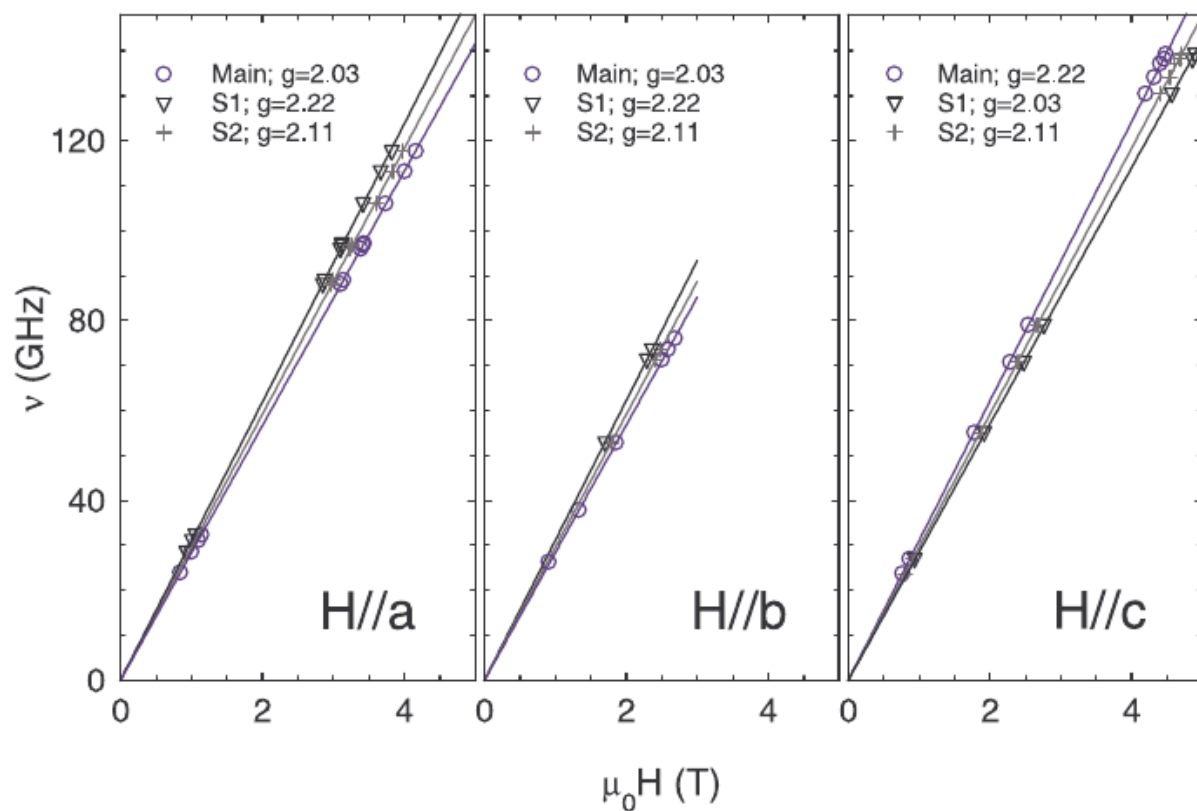


Рис. 1. Спектр ЭСР в Sr_2CuO_3 в разупорядоченной фазе (при $T = 10\text{K}$) для трех взаимно-перпендикулярных направлений внешнего магнитного поля.