

## Влияние ферронов на термодинамические свойства халдейновского магнетика $(Y_{1-x}A_x)_2BaNiO_5$ ( $A=Ca, Nd$ ).

Е.А. Попова, Р.Г. Астраханцев, Т.В. Бенъ, С.И. Гаварина

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»  
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

В соединении  $Y_2BaNiO_5$ , содержащем цепочки магнитных ионов со спином  $S = 1$  (халдейновские цепочки), реализуется неупорядоченное основное состояние со спиновой щелью  $\Delta = 100$  К в спектре магнитных возбуждений и с длиной корреляции внутри цепочки  $\xi \approx 7a$ . В допированных кальцием соединениях  $(Y_{1-x}Ca_x)_2BaNiO_5$  ( $0 \leq x \leq 0.10$ ) примесь кальция приводит к появлению на теплоемкости во внешнем поле аномалии Шоттки [1], которая смещается в сторону высоких температур с увеличением магнитного поля и это смещение практически не зависит от направления приложенного магнитного поля. Кроме того, на магнитной восприимчивости ниже 3 К наблюдается изменение в поведении восприимчивости, измеренной в режимах ZFC и FC, характерное для спин-стеклового состояния. Аналогичные аномалии наблюдались в соединениях  $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$  [2], где подсистема никеля остается внутренне разупорядоченной и подмагниченной внутренним полем со стороны редкоземельной подсистемы.

Допирование кальцием приводит к появлению дырки на апикальном ионе кислорода, связывающем два соседних иона никеля внутри цепочки. В случае  $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$  появление дырки может быть обусловлено малой нестехиометрией по кислороду. Дырка со спином  $S = 1/2$  с  $2p_z$  орбитали O перепрыгивает на место дырки на  $d_{z^2}$  орбиталь Ni. На освободившее место иона кислорода происходит перескок дырки с другого Ni. Этот виртуальный обмен дырками приводит к ферромагнитному взаимодействию между двумя ближайшими ионами Ni. Возникает кластер со спином  $S = 3/2$  — феррон [3]. Взаимодействие между ферронами может осуществляться через спиновые флуктуации внутри никелевой цепочки, когда расстояние между ферронами меньше длины корреляции халдейновской цепочки. Взаимодействие ферронов, учет одноионной анизотропии никеля и действие внешнего поля приводит к расщеплению основного состояния ферронов на 16 подуровней. Перераспределение электронов с изменением температуры по уровням энергетического спектра ведет к появлению аномалии Шоттки на температурной зависимости теплоемкости  $C(T)$  и к максимуму на температурной зависимости магнитной восприимчивости  $\chi(T)$ . Анализ показал, что именно взаимодействие между ферронами приводит к аномалиям на  $C(T)$  и  $\chi(T)$  в области низких температур. Внутреннее магнитное поле, действующее на никелевую подсистему со стороны неодимовой подсистемы в  $(Y_{1-x}Nd_x)_2BaNiO_5$  приводит к тому, что вклад ферронов в  $C(T)$  проявляется в виде аномалии Шоттки и в отсутствии внешнего магнитного поля.

Работа выполнена в ходе проведения исследования (проект №19-04-030) в рамках Программы «Научный фонд Национального исследовательского университета „Высшая школа экономики“ (НИУ ВШЭ)» в 2018-2019 гг. и в рамках государственной поддержки ведущих университетов Российской Федерации «5-100».

[1] T. Itoa, H. Takagia. // Physica B 329–333, 890 (2003).

[2] E. Popova, S.Klimin, M.Popova, R.Klingeler, B.Büchner, A. Vasiliev// EPJ Web of Conferences 185, 03003 (2018).

[3] E. Dagotto, J. Riera, A. Sandvik, and A. Moreo// Phys.Rev.Lett., V. 76, N. 10, 1731 (1994).