

УДК 538.1

Л. Дідух

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

СПІНОН-ДІРКОВА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУЗЬКОЗОННИХ АНТИФЕРОМАГНЕТИКІВ

Запропонована нова модель для опису електричних і магнітних властивостей антиферромагнетиків типу оксидів і селенідів перехідних металів.

Вихідною є широко відома $t-J$ -модель (за словами автора роботи [1] – „знаменитая $t-J$ -модель”), витоки якої йдуть від робіт І.В. Стасюка і автора; вона може бути представлена як в операторах переходу вузла, так і через оператори народження і знищення станів вузла – оператори Шубіна-Вонсовського. Для реалізації підходу, запропонованого далі, суттєвим є використання саме останнього.

Якщо концентрація електронів (на вузол) $n < 1$, то $t-J$ гамільтоніан в операторах народження і знищення станів вузла матиме вигляд:

$$H = -\mu \sum_{i\sigma} \alpha_{i\sigma}^+ \alpha_{i\sigma} + t \sum_{i\sigma} \alpha_{i\sigma}^+ h_i^+ h_j^+ \alpha_{j\sigma} + \frac{J_a}{2} \sum_{ij\sigma} (\alpha_{i\sigma}^+ \alpha_{i\sigma} \alpha_{j\bar{\sigma}}^+ \alpha_{j\bar{\sigma}} + \alpha_{i\sigma}^+ \alpha_{i\bar{\sigma}} \alpha_{j\bar{\sigma}}^+ \alpha_{j\sigma}) \quad (1)$$

Тут μ – хімпотенціал, t – інтеграл переносу електрона між найближчими сусідами, J_a описує кінетичний надобмін, $\alpha_{i\sigma}^+$, $\alpha_{i\sigma}$ – оператори народження і знищення електрона зі спіном $\sigma(\uparrow, \downarrow)$ на вузлі i (спінона), h_i^+ , h_i – оператори народження і знищення дірки (голона) на вузлі i ; $\alpha_{i\uparrow}^+ \alpha_{i\uparrow} + \alpha_{i\downarrow}^+ \alpha_{i\downarrow} + h_i^+ h_i = 1$. α -операторам можна приписати фермієвські переставні співвідношення і (одночасно) h -операторам – бозевські, або – навпаки [1].

Скористаємося далі квазікласичним наближенням, яке полягає в розділенні зарядових і спінових „степенів вільності” шляхом заміни в (1) бозе-операторів s -числами.

В застосуванні до двохпідграткового антиферромагнетика, описуваного (1), це дає можливість розглянути як вплив ступеня заповненості зони на намагніченість, температуру Нееля, так і зворотний вплив – зміну провідності із зміною намагніченості.

У першому випадку наявність дірок зумовлює тунелювання спінонів з ефективним інтегралом переносу $t_s = (1-n)t$ – фактором дестабілізації антиферромагнітного впорядкування. У другому випадку перенос дірок описується ефективним інтегралом переносу $t_h \sim (n^2 - m^2)^{1/2} t$ (m – підграткова намагніченість). Отже, маємо самоузгоджений зв'язок між провідністю і намагніченістю (температурою). Зростання температури приводить до зростання провідності з максимумом в точці Нееля. При фазовому переході антиферромагнетизм-парамагнетизм першого роду може відбутися різке зростання провідності. Саме така ситуація спостерігається в антиферромагнітних оксидах.

Література:

1. Изюмов Ю.А. Сильнокоррелированные электроны: t - J -модель // Успехи физ. наук. – Т. 167, № 5. – С. 465-497.