УДК 539.12 DOI: 10.17223/00213411/64/3/110

В.С. КИРЧАНОВ

ВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА СПИН-ФЕРМИОННОЙ МОДЕЛИ В Cu_2O

Получено решение системы уравнений для базовых операторов спин-фермионной модели в виде гармонических осцилляций фермиевых операторов на трех частотах, и одночастотных гармонических осцилляций оператора спин-фермионной связи (спинового полярона).

Ключевые слова: *спин-фермионная модель, система уравнений для гейзенберговых операторов.*

Особенности купратных высокотемпературных сверхпроводников объясняются сильными электронными корреляциями, приводящими к значительной спин-зарядовой связи (см. обзор [1]). Иерархия низкоэнергетических моделей электронного строения Cu_2O-плоскости купратных высокотемпературных сверхпроводников подробно рассмотрена в работе [2]. Эффективной является спин-фермионная модель, в которой подсистема спиновых моментов ионов меди сильно взаимодействует с дырками на ионах кислорода [3]. В рамках этой модели предложена спин-поляронная концепция [4] возникновения квазичастицы (спинового полярона), развитие которой в целом цикле последующих работ позволило правильно описать особенности купратных сверхпроводников.

Цель работы – рассмотрение временной динамики подсистемы спин-фермионной модели в одноузельном приближении для трех базовых операторов [3] – двух фермиевых операторов и одного оператора квазичастицы.

Гамильтониан задачи описывает подсистему дырок в квазиимпульсном представлении $\hat{H}_0$ и оператор $\hat{J}$ обменной связи между спинами фермиевой подсистемы кислородных дырок и спинами подсистемы ионов меди [3]

$$\hat{H} = \hat{H}_0 + \hat{J} = \sum_{\vec{k}\alpha}\Big(\xi_0\left(k_x\right)a^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}a_{\boldsymbol{k}\alpha} + \xi_0\left(k_y\right)b^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}b_{\boldsymbol{k}\alpha} + t_{\boldsymbol{k}}(a^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}b_{\boldsymbol{k}\alpha} + b^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}a_{\boldsymbol{k}\alpha})\Big) + J\sum_{\boldsymbol{k}\alpha}u^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}\hat{L}_{\boldsymbol{k}\alpha}, \qquad (1)$$

где $\hat{a}_{k\alpha}$ ($\hat{a}^\dagger_{k\alpha}$) – фермиевские операторы уничтожения (рождения) дырок со спином $\alpha = \pm\frac{1}{2} = \left(\uparrow,\downarrow\right)$ в кислородной подсистеме с p_x -орбиталями. Ферми-операторы $\hat{b}_{k\uparrow}$,($\hat{b}^\dagger_{k\alpha}$) аналогичны для подсистемы с p_y -орбиталями, $\hat{u}^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha} = \cos\frac{k_x}{2}\hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha} + \cos\frac{k_y}{2}\hat{b}^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha}$. Для простоты используются обозначения, использованные в работах [2, 3]:

$$\xi_0\left(k_{x(y)}\right) = \varepsilon_p - \mu + \tau(1+\cos k_{x(y)}), \quad t_k = \left(2\tau - 4\tilde{t}\right)\cos\frac{k_x}{2}\cos\frac{k_y}{2}. \qquad (2)$$

Здесь ε_p – одноузельная энергия дырок; μ – химический потенциал; $\tilde{t}$ – интеграл перескока дырок по ионам кислорода. Оператор связи спиновой и фермионной подсистем

$$\hat{L}_{\boldsymbol{k}\alpha} = N^{-1}\sum\nolimits_{f\,\boldsymbol{q}\,\beta} e^{i\boldsymbol{R}_f(\boldsymbol{q}-\boldsymbol{k})}\left(\boldsymbol{S}_f\cdot\boldsymbol{\sigma}_{\alpha\beta}\right)\hat{u}_{\boldsymbol{q}\,\beta}, \qquad (3)$$

где $\boldsymbol{S}_f = \left(S^x_{f,}S^y_{f,}S^z_{f,}\right)$ – оператор вектора спина, локализованного на ионе меди в узле *f*; $\boldsymbol{\sigma} = \left(\sigma^x,\sigma^y,\sigma^z\right)$ – компоненты вектора-матрицы Паули; $\hat{u}_{\boldsymbol{q}\beta} = \cos\frac{q_x}{2}\hat{a}_{\boldsymbol{q}\beta} + \cos\frac{q_y}{2}\hat{b}_{\boldsymbol{q}\beta}$.

Антикоммммутаторы

$$\left\{\hat{a}_{\boldsymbol{k}\alpha},\hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}'\alpha'}\right\}_+ = \hat{a}_{\boldsymbol{k}\alpha}\hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}'\alpha'} + \hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}'\alpha'}\hat{a}_{\boldsymbol{k}\alpha} = \delta_{\boldsymbol{k}\boldsymbol{k}'}\delta_{\alpha\alpha'}, \quad \left\{\hat{a}_{\boldsymbol{k}\alpha},\hat{a}_{\boldsymbol{k}'\alpha'}\right\}_+ = 0, \quad \left\{\hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}\alpha},\hat{a}^\dagger_{\boldsymbol{k}'\alpha'}\right\}_+ = 0, \quad \left\{\hat{a}_{\boldsymbol{k}\alpha},b^\dagger_{\boldsymbol{k}'\alpha'}\right\}_+ = 0.$$

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725