

группе  $G \in X$  все ее  $k$ -максимальные подгруппы (для всех  $k \leq n$ ), а нулем – подгрупповой функтор  $0_X$ , выделяющий в каждой группе  $G \in X$  только саму группу  $G$ .

Если  $l$  и  $k$  – натуральные числа и  $l \leq k$ , то, очевидно,  $M_{reg}^l(X)$  – подрешетка решетки  $M_{reg}^k(X)$ . Поэтому, если  $M_{reg}^0(X) = \{0_X\}$ , то имеет место решеточное включение

$$M_{reg}^0(X) \subseteq M_{reg}^1(X) \subseteq \dots \subseteq M_{reg}^n(X).$$

Кроме того,  $\bigcup_{n=0}^{\infty} M_{reg}^n(X)$  – решетка всех регулярных подгрупповых  $X$ -функторов.

**Теорема.** Пусть  $X$  – непустой гомоморф, замкнутый относительно конечных прямых произведений. Тогда справедливы следующие утверждения:

- 1)  $M_{reg}^1(X)$  – булева решетка;
- 2) если класс  $X$  разрешим, то при любом  $n \geq 2$  дополняемыми в  $M_{reg}^n(X)$  являются лишь функторы  $0_X$  и  $1_X$ ;
- 3) если класс  $X$  не является разрешимым, то при  $n \geq 2$  в решетке  $M_{reg}^n(X)$  могут быть дополняемые элементы, отличные от  $0_X$  и  $1_X$ ;
- 4) в решетке всех регулярных подгрупповых  $X$ -функторов дополняемыми являются лишь функторы  $0_X$  и  $1_X$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Каморников, С. Ф. Подгрупповые функторы и классы конечных групп / С. Ф. Каморников, М. В. Селькин. – Мн., 2003.
2. Скиба, А. Н. Алгебра формаций / А. Н. Скиба. – Мн., 1997.

**Клиндухов Н. А.<sup>1</sup>, Буйнов Н. С.**

УО «ВГУ им. П. М. Машерова»

(г. Витебск, Беларусь)

E-mail: [1klinduhov@gmail.com](mailto:1klinduhov@gmail.com)

### МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ СО СПИН-КРОССОВЕРНОЙ СИСТЕМОЙ

Первое изучение LIESST-эффекта было сделано в работе Декуртинса в 1984 [1]. В статье авторы сообщили, что облучение кристаллов  $[\text{Fe}(\text{ptz})_6](\text{BF}_4)_2$  электромагнитной волной в 530 нм в низкоспиновом состоянии при низкой температуре (20 К) позволяло перевести в возбужденное состояние со временем жизни свыше  $10^6$  сек. В нашей

работе предложена теоретическая модель для описания данного феномена.

Упрощенно влияние внешнего электромагнитного излучения на частоте поглощения спин-кроссоверной системы можно представить как изменение разницы в уровне энергии между высокоспиновым и низкоспиновым состояниями. Математически это можно описать с помощью гамильтониана «продольного» взаимодействия или так называемого драйвинга

$$H_{\text{int}} = -\varepsilon \cos \omega t \sum_l \sigma_l^z, \quad (1)$$

где матрицы Паули  $\sigma^z$  описывают высокоспиновые и низкоспиновые состояния отдельных молекул. Величина  $\varepsilon$  представляет собой амплитуду колебаний расстояний между уровнями и пропорциональна интенсивности внешнего излучения,  $\omega$  есть частота внешней электромагнитной волны.

Далее добавим гамильтониан, учитывающий взаимодействие спин-активной и фононной подсистем, полученный в предыдущих работах:

$$H' = -\Delta(T) \sum_l \sigma_l^z + \Omega_\sigma \sum_l \sigma_l^x + \sum_q \omega_q b_q^+ b_q + \sum_{lq} \gamma_{ql}^\sigma \sigma_l^z (b_q^+ + b_q), \quad (2)$$

Здесь  $\Delta(T) = \Delta_0 - \frac{kT}{2} \ln g_{HS} / g_{LS}$  представляет собой зависящее от температуры расстояние между уровнями, которое содержит энергию поля лигандов  $\Delta_0$  и энтропийный член  $(T/2) \ln(g_{HS}/g_{LS})$ , где  $g_{LS}$  и  $g_{HS}$  эффективное вырождение низкоспинового и высокоспинового состояния соответственно;  $\Omega$  – константа туннелирования,  $b_q$  и  $b_q^+$  – обычные операторы рождения и уничтожения,  $\omega_q$  представляет частоту q-ой нормальной моды,  $\gamma_{ql}$  – константы спин-решеточной связи.

В Марковском приближении и приближении нулевой гармоники для диагональных элементов матрицы плотности спиновой подсистемы  $\langle \sigma_1 \dots \sigma_N | \rho(t) | \sigma_1 \dots \sigma_N \rangle = P(\{\sigma\}, t)$  получим основное кинетическое уравнение Глауберовского типа:

$$\dot{P}(\{\sigma\}, t) = -P(\{\sigma\}, t) \sum_l \bar{w}_l(\sigma_l) + \sum_l \bar{w}_l(-\sigma_l) P(\sigma_1 \dots - \sigma_l \dots \sigma_N, t). \quad (3)$$

Здесь величина  $\bar{w}_l(\sigma_l)$  представляет собой частоту перехода для l-того вседоспинового флипа спин-активной подсистемы со значения  $\sigma_l$  в  $-\sigma_l$ , в то время как остальные значения остаются неизменными.

В области низких температур частоту перехода можно переписать как

$$\overline{W}_l(E_l, \sigma_l) = \frac{J_0^2 \left( \frac{A}{w} \right) \Omega^2}{\omega_1^4} e^{-\frac{\omega_1}{T}} \sum_q \gamma_{ql}^4 \left[ \cosh \left( \frac{E_l}{T} \right) - \sigma_l \sinh \left( \frac{E_l}{T} \right) \right] + b, \quad (4)$$

где  $\omega_1 = \omega(q_1)$  соответствует частоте фононов, при которой спин-фононная связь максимальна, а константа  $b$  связана исключительно с влиянием внешнего излучения.

Подобные результаты были получены Букхеддаденым и коллегами [2] феноменологически.

В данной работе предложено описание взаимодействия внешней электромагнитной волны со спин-кроссоверной системой. За основу брались Изинго-подобный гамильтониан для двухуровневой системы псевдо-спинов спин-активной части, включающий туннельные эффекты, фононы, взаимодействие между фононами и псевдоспинами, а также «продольное» взаимодействие с внешним полем. На основе предположения о слабости туннельных эффектов было получено основное кинетическое уравнение Глауберовского типа. Для области низких температур было получено выражение для частоты перехода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Decurtins, S. Light-induced excited-spin-state trapping in iron(II) spin-crossover systems. Optical spectroscopic and magnetic susceptibility study / S. Decurtins, P. Gülich, K. M., Hasselbach, A. Hauser // Inorg. Chem. – 1985. – № 24. – P. 2174–2178.
2. Boukheddaden, K. Dynamical model for spin-crossover solids. II. Static and dynamic effects of light in the mean-field approach / K. Boukheddaden, I. Shteto, B. Hô, F. Varret // Phys. Rev. B. – 2000. – Vol. 62, № 22. – P. 14806–14817.

**Ковалева В. А.<sup>1</sup>, Скиба А. Н.<sup>2</sup>**

УО «ГГУ им. Ф. Скорины»

(г. Гомель, Беларусь)

E-mail: <sup>1</sup>[vika.kovalyova@rambler.ru](mailto:vika.kovalyova@rambler.ru), <sup>2</sup>[alexander.skiba49@gmail.com](mailto:alexander.skiba49@gmail.com)

#### **УСЛОВИЯ, ПРИ КОТОРЫХ ВЫДЕЛЕННАЯ НОРМАЛЬНАЯ ПОДГРУППА СОДЕРЖИТСЯ В U-ГИПЕРЦЕНТРЕ И UФ-ГИПЕРЦЕНТРЕ ГРУППЫ**

Все рассматриваемые в сообщении группы являются конечными.

Пусть  $A$  – подгруппа группы  $G$ ,  $K \leq H \leq G$ . Тогда мы говорим, что  $A$  покрывает пару  $(K, H)$ , если  $AH = AK$ ;  $A$  изолирует пару  $(K, H)$ , если  $A \cap H = A \cap K$  [1]. Пара  $(K, H)$  из  $G$  называется максимальной, если  $K$  является максимальной подгруппой в  $H$ .

**Определение.** Пусть  $A$  – подгруппа группы  $G$ . Мы говорим, что  $A$  является слабо квазиперестановочной в  $G$ , если в группе  $G$  существу-