

Control of trigonal crystal field in honeycomb cobaltate antiferromagnet towards Kitaev quantum spin liquid

Gye-Hyeon Kim,^{1*} Miju Park,^{1*} Uksam Choi,¹ Baekjune Kang,¹ Uihyeon Seo,¹ GwangCheol Ji,² Seunghyeon Noh,³ Deok-Yong Cho,⁴ Jung-Woo Yoo,³ Jong Mok Ok,² and Changhee Sohn^{1†}

¹Department of Physics, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, 44919, Republic of Korea.

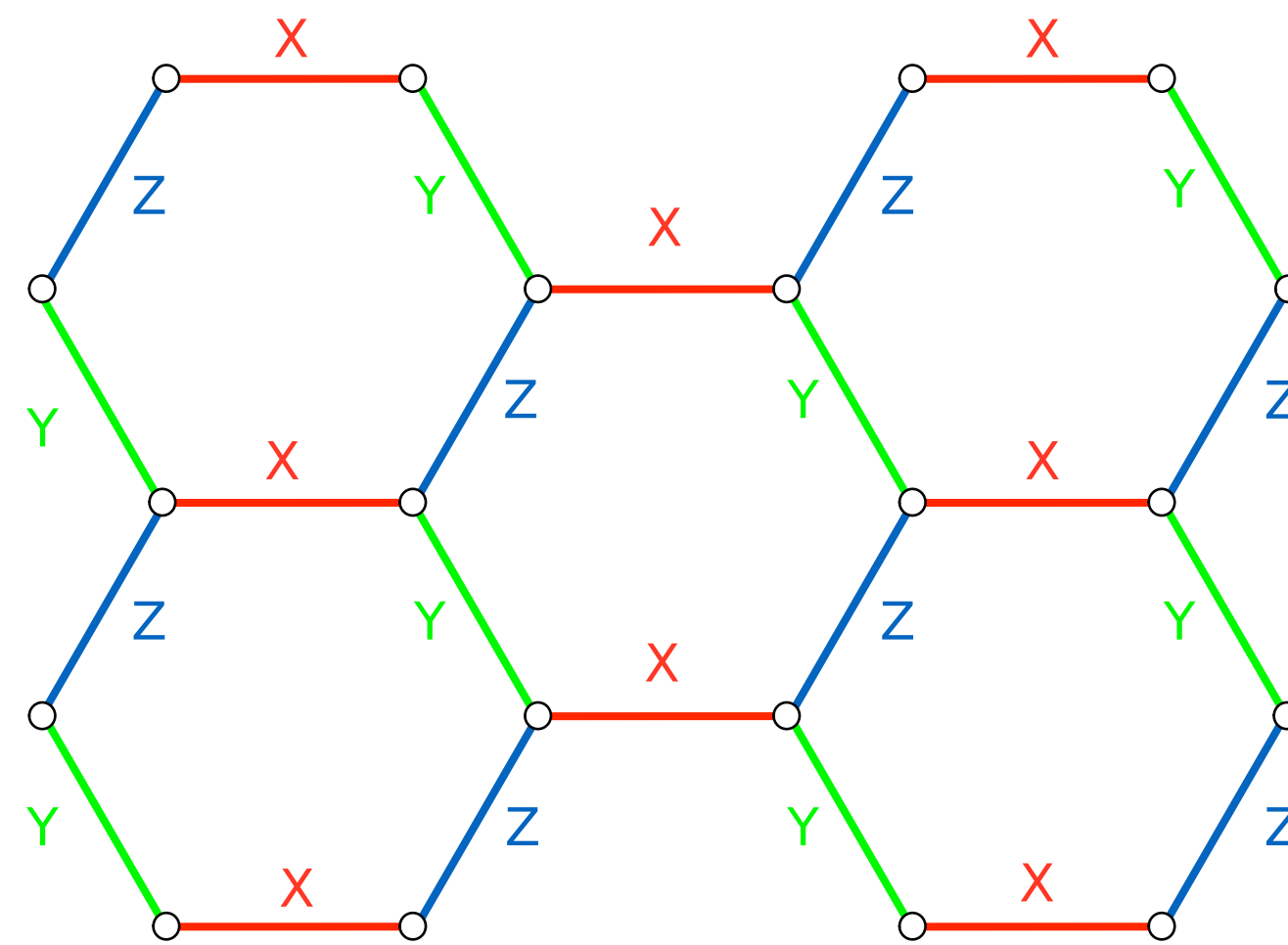
²Department of Physics, Pusan National University, Pusan, 46241, Republic of Korea.

³Department of Materials Science and Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology, Ulsan, 44919, Republic of Korea.

⁴Department of Physics, Jeonbuk National University, Jeonju, 54896, Republic of Korea.

Модель Китаева

$$\mathcal{H} = K \sum_{\langle ij \rangle^\gamma} S_i^\gamma S_j^\gamma = K \sum_{\langle ij \rangle^x} S_i^x S_j^x + K \sum_{\langle ij \rangle^y} S_i^y S_j^y + K \sum_{\langle ij \rangle^z} S_i^z S_j^z$$

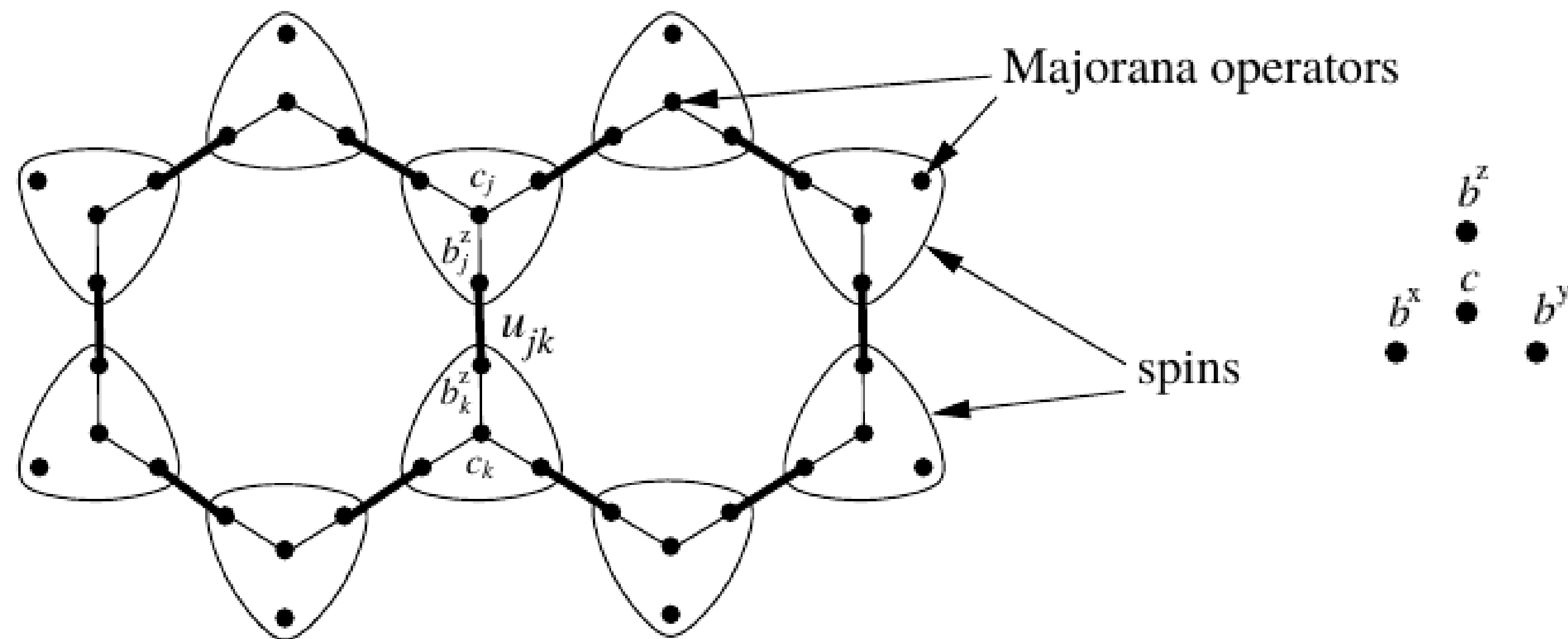


A. Kitaev, *Annals of Physics* 321, 2 (2006),
January Special Issue

Классически - вырождение
основного состояния, точное решение для $S=1/2$

Модель Китаева: фермионы Майораны

$$\mathcal{H} = K \sum_{\langle ij \rangle^\gamma} S_i^\gamma S_j^\gamma = K \sum_{\langle ij \rangle^x} S_i^x S_j^x + K \sum_{\langle ij \rangle^y} S_i^y S_j^y + K \sum_{\langle ij \rangle^z} S_i^z S_j^z$$



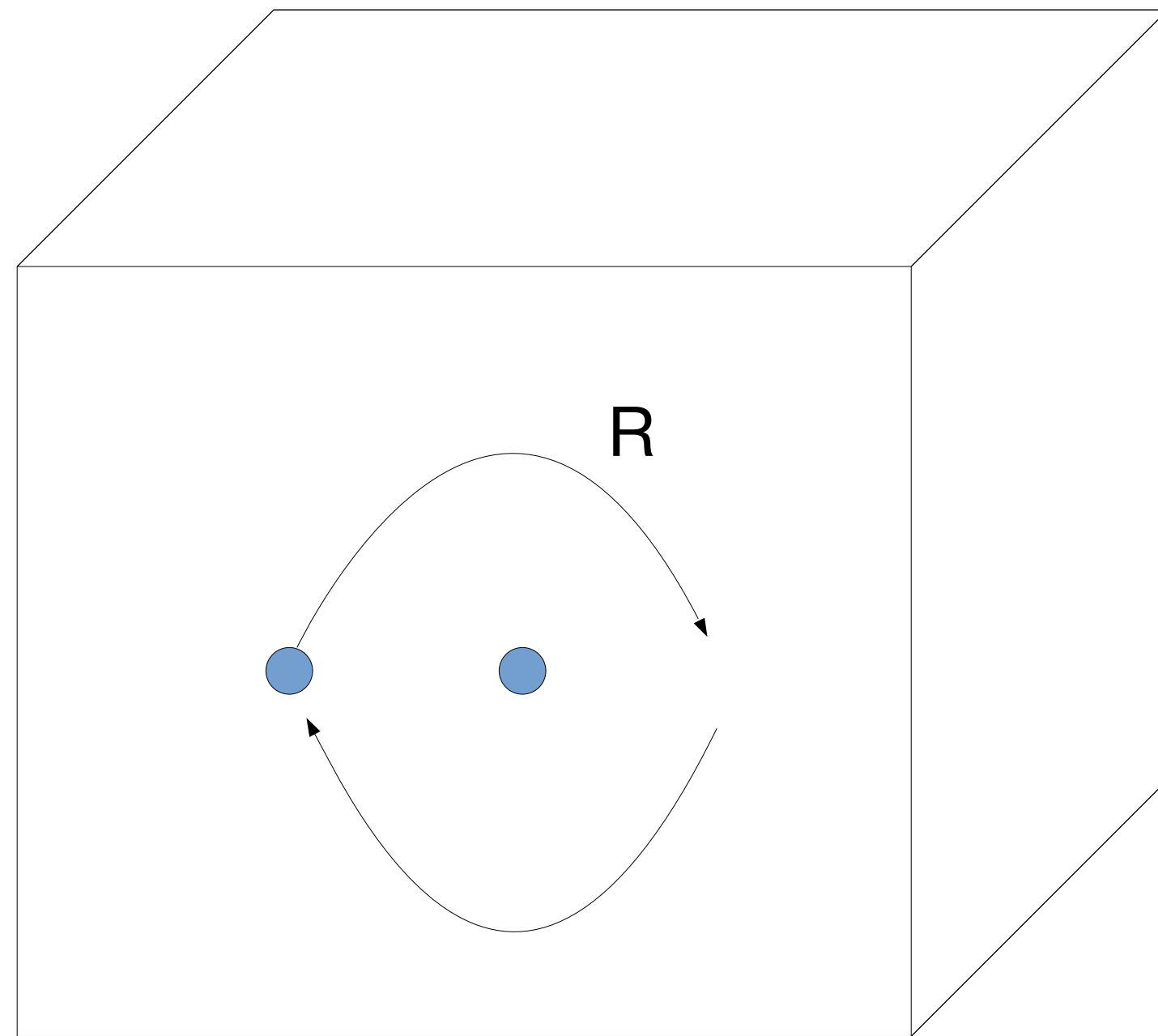
$$S^x = ib^x c, \quad S^y = ib^y c, \quad S^z = ib^z c$$

Фермионы Майораны:

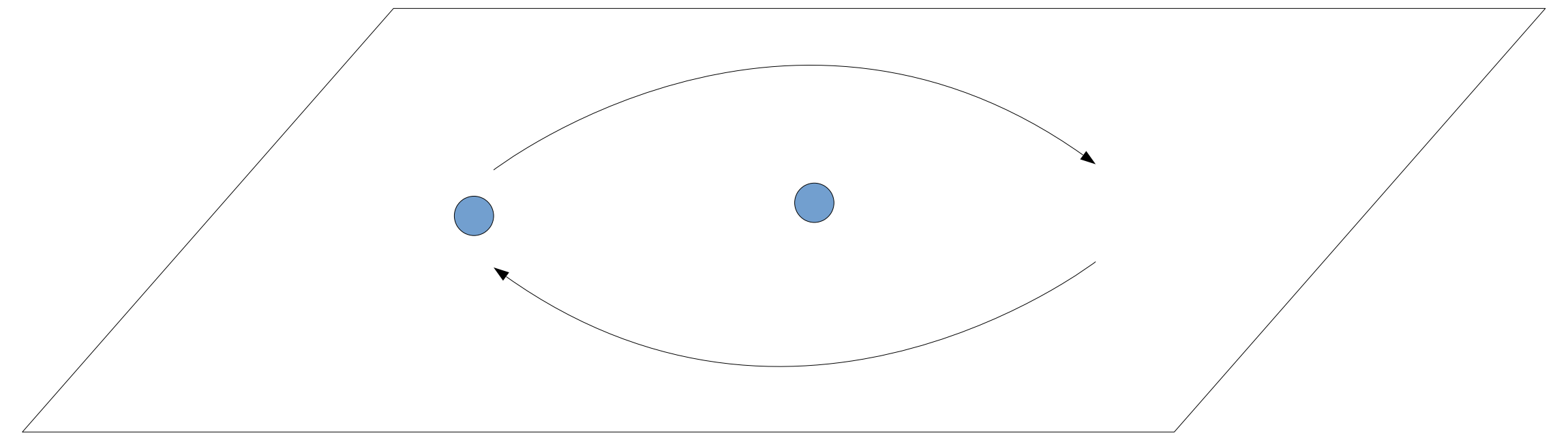
$$c_j^2 = 1, \quad c_i c_j = -c_j c_i, \quad i \neq j$$

- Точно решаемая модель в 2D
- Спиновая жидкость
- Возбуждения применимы в топологических вычислениях

Топологические квантовые вычисления



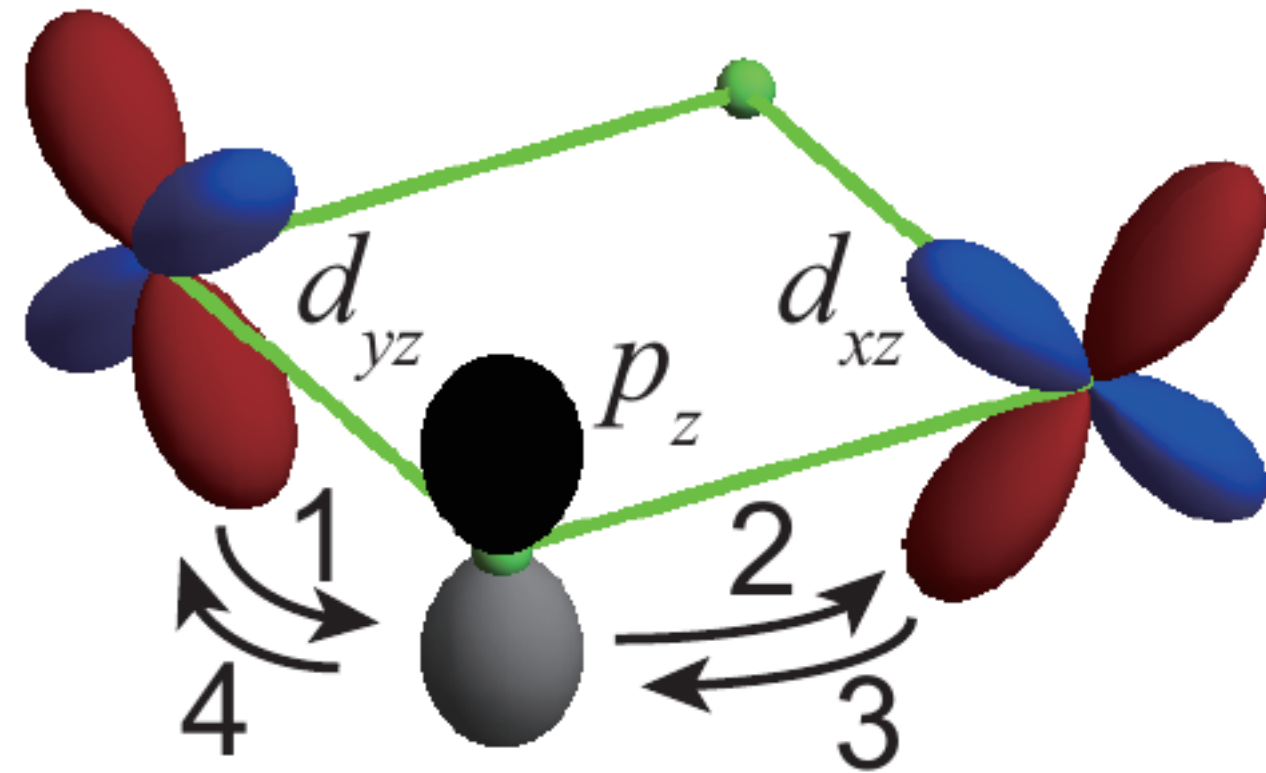
$$R^2 = 1$$
$$R = \pm 1$$



$$R = e^{i\theta}$$

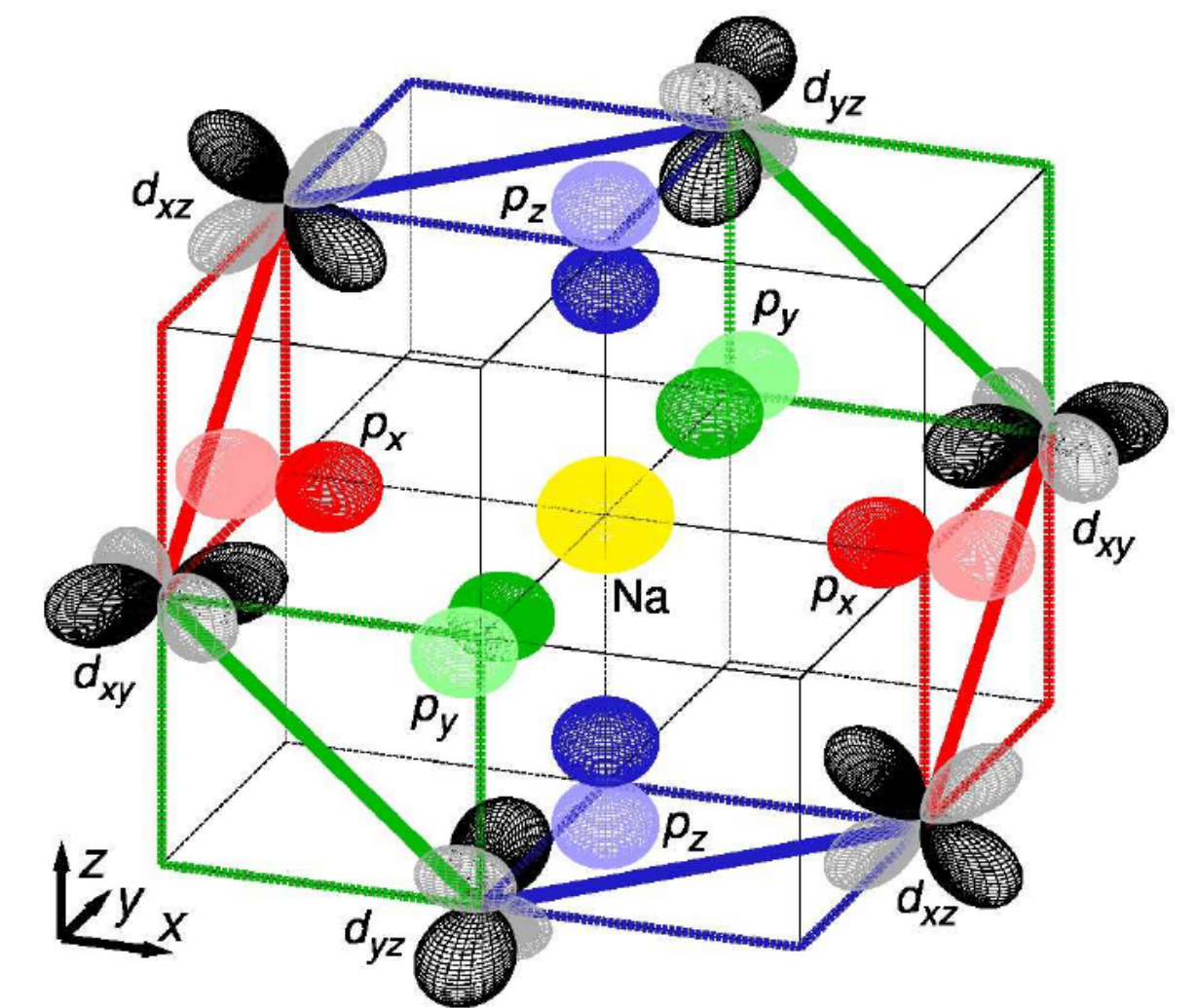
- Дробные возбуждения могут иметь нетривиальную статистику
- Фаза не зависит от конкретного пути → устойчива к малым возмущениям

Реализация в материалах: d^5 металлы



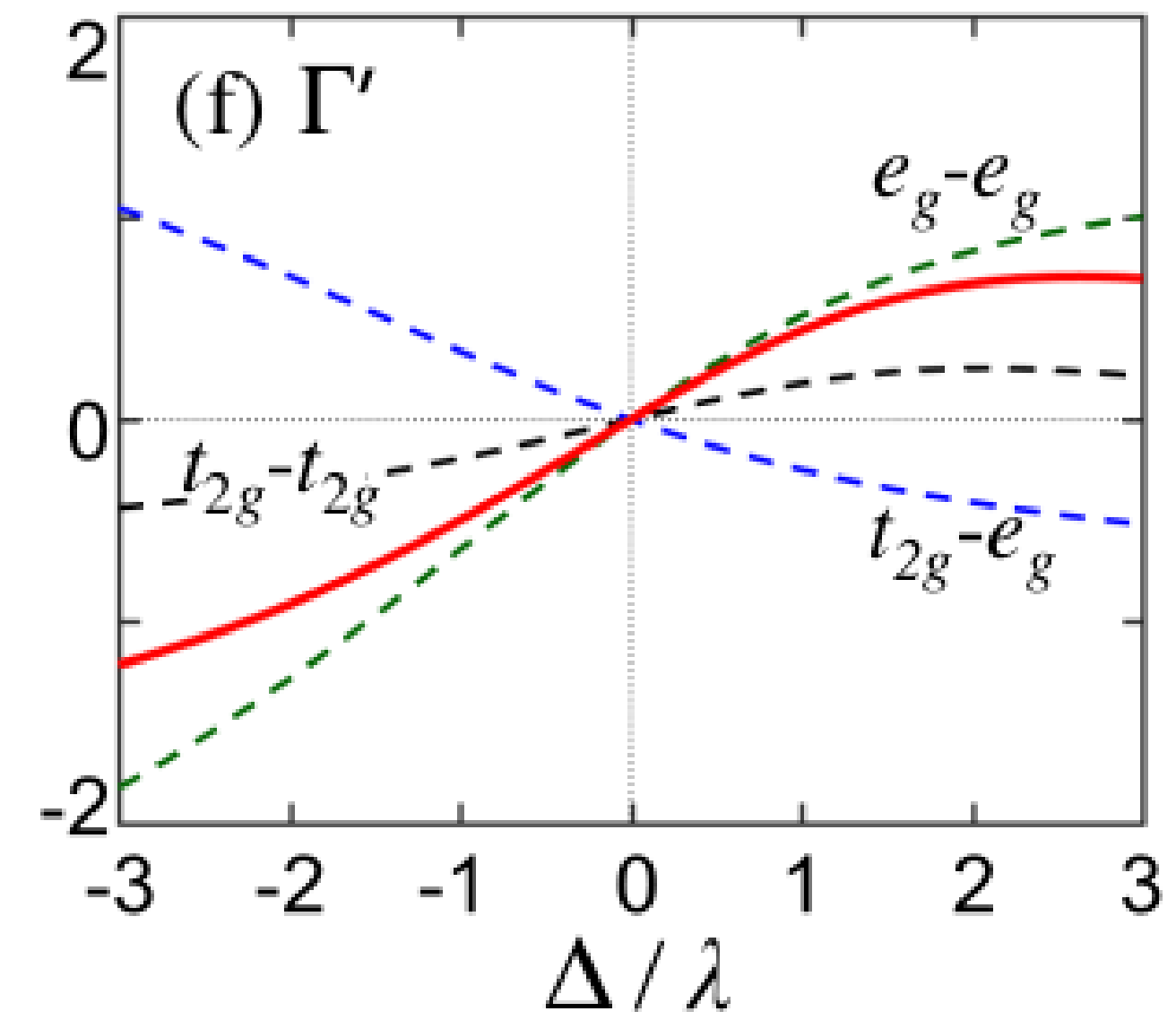
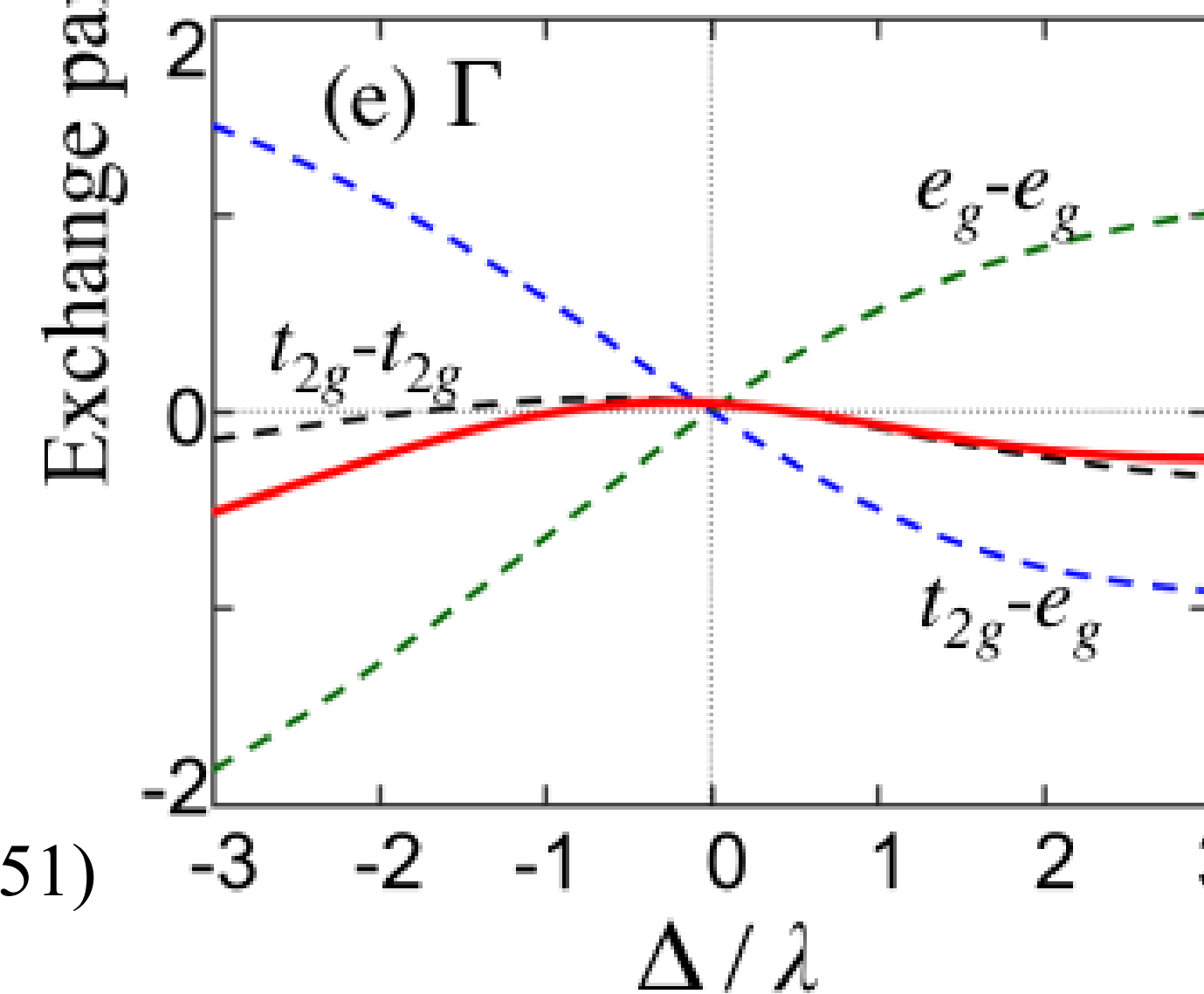
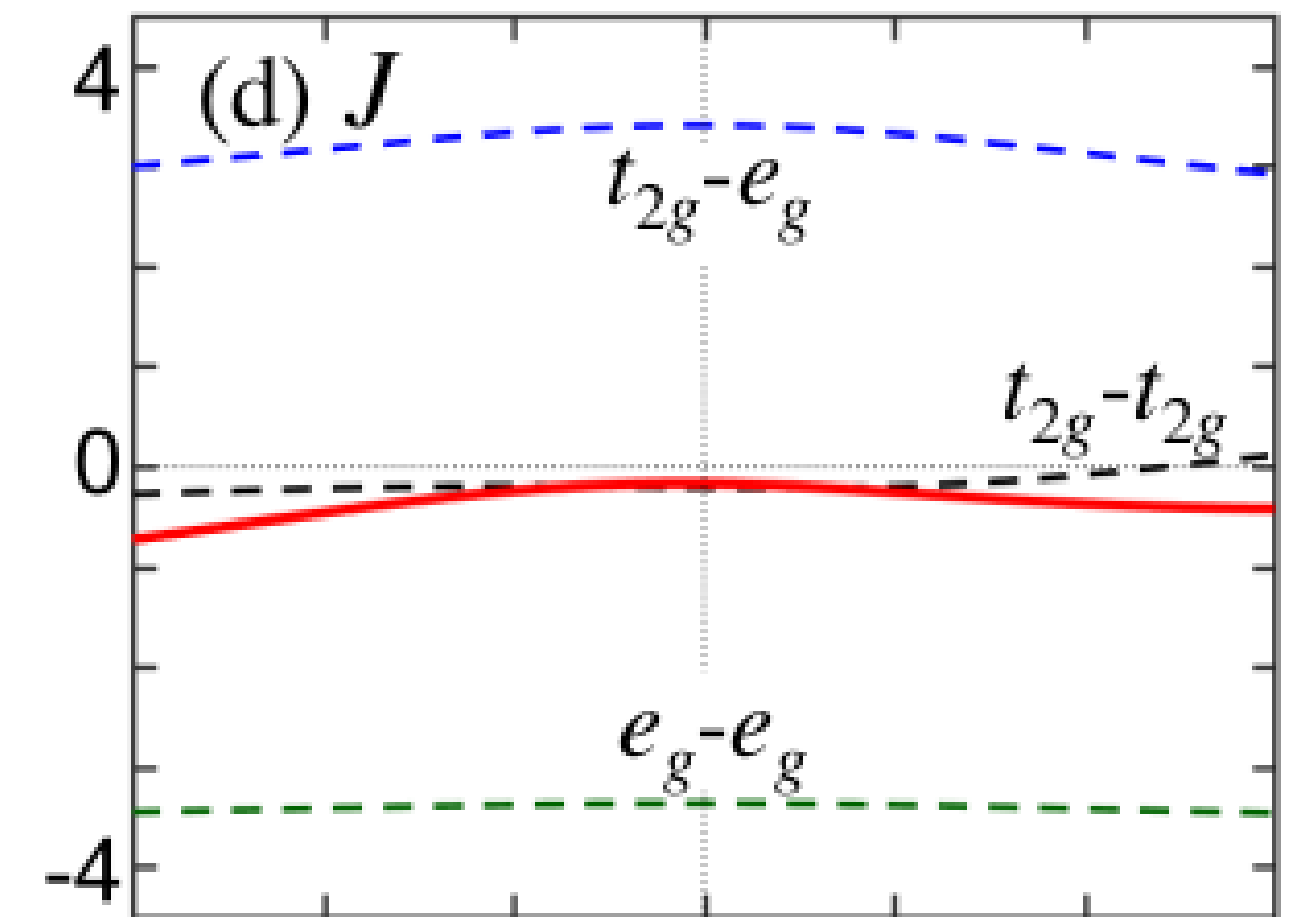
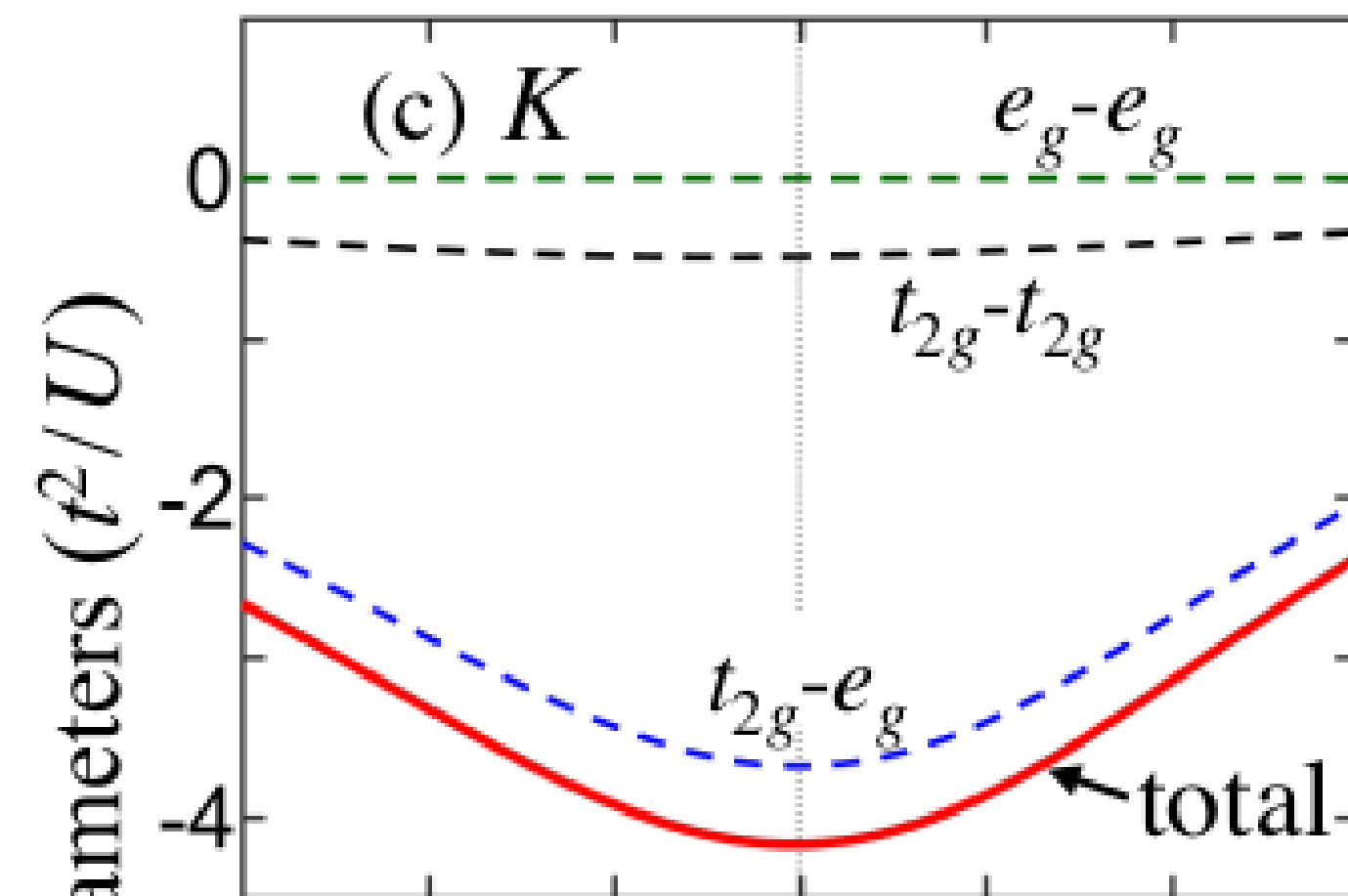
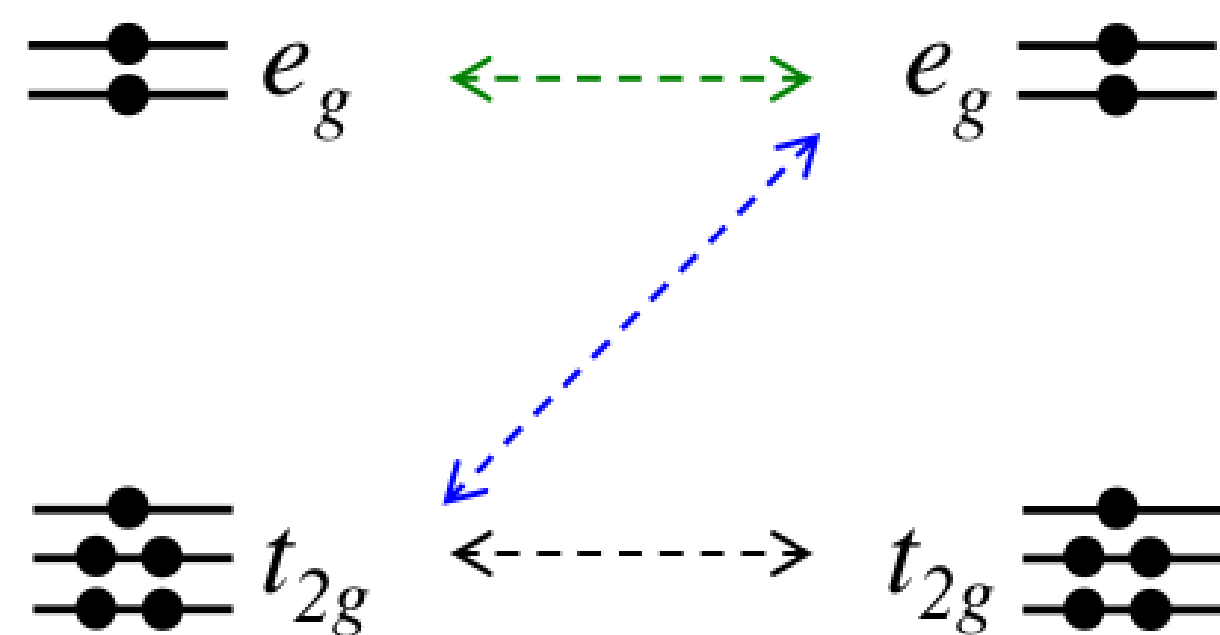
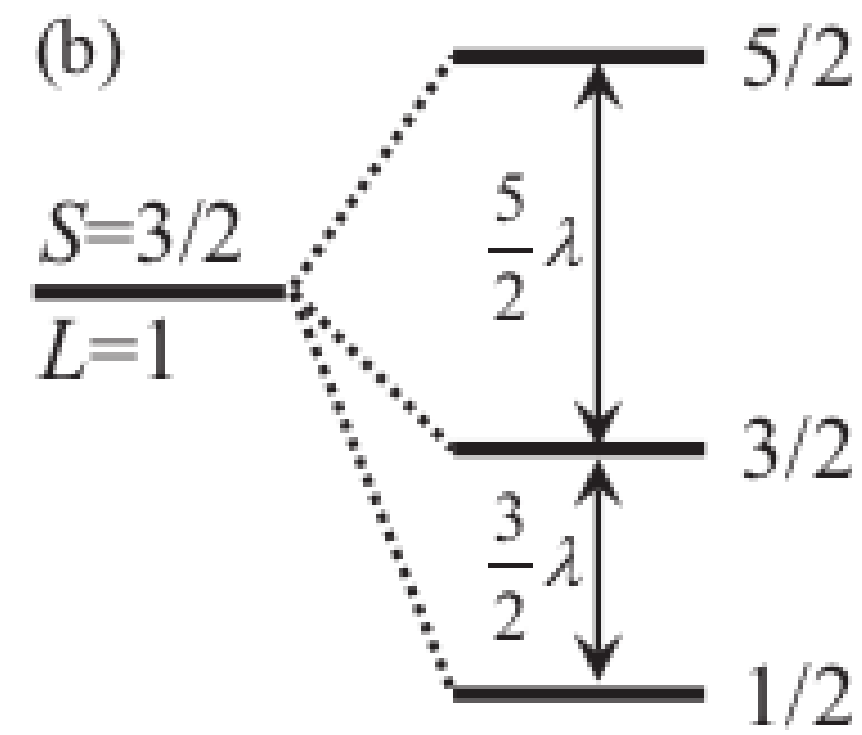
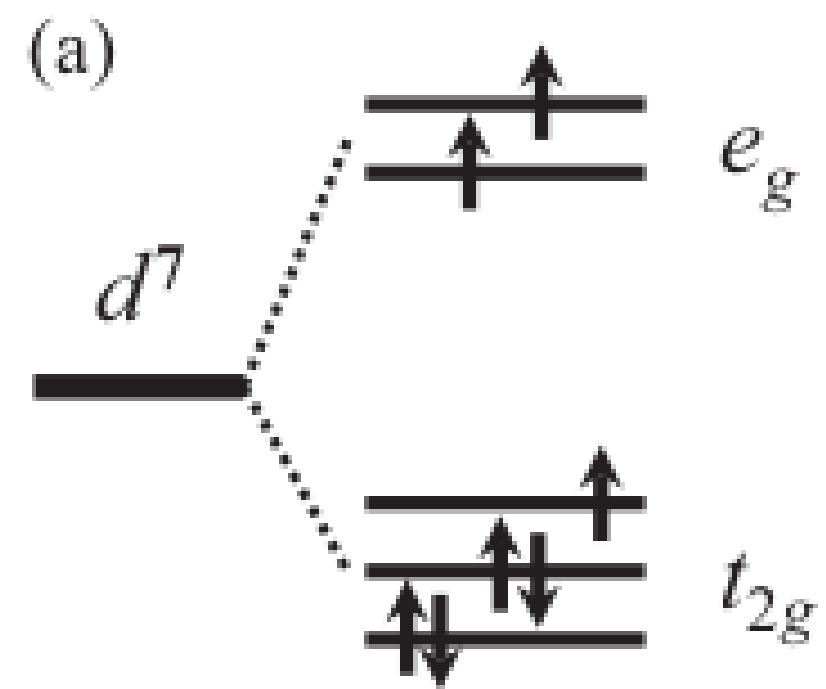
Взаимодействует только
z-компонента
псевдоспина

$$K \sim t^2 J_H / U^2$$



$$\mathcal{H} = K \sum_{\langle ij \rangle \gamma} S_i^\gamma S_j^\gamma$$

Реализация: d^7 ионы - Co^{2+}

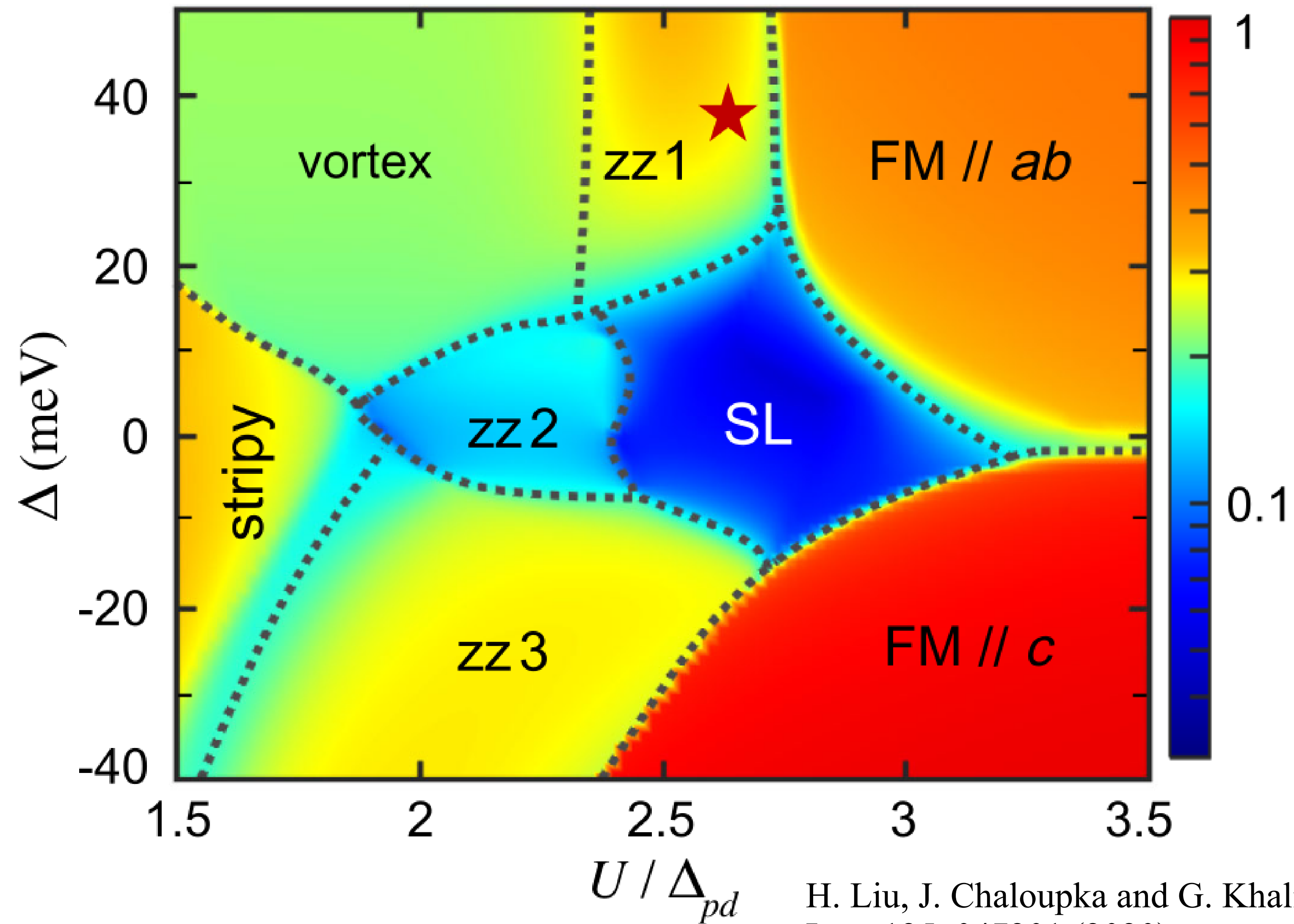


Abraham A. and Pryce M.H.L, Proc. R. Soc. Lond. A206 173 (1951)

H. Liu and G. Khaliullin, Phys. Rev. B 97, 014407 (2018)

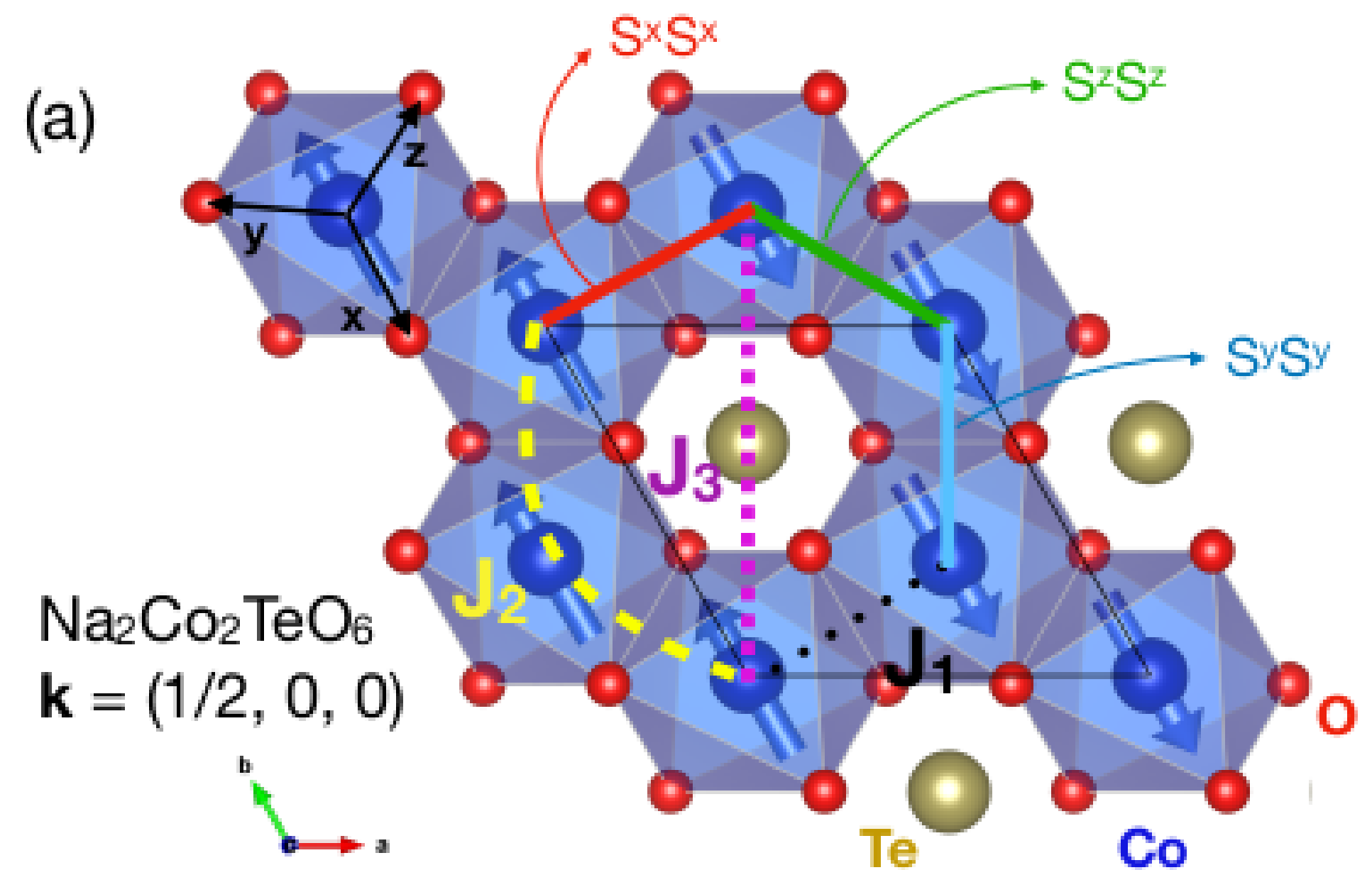
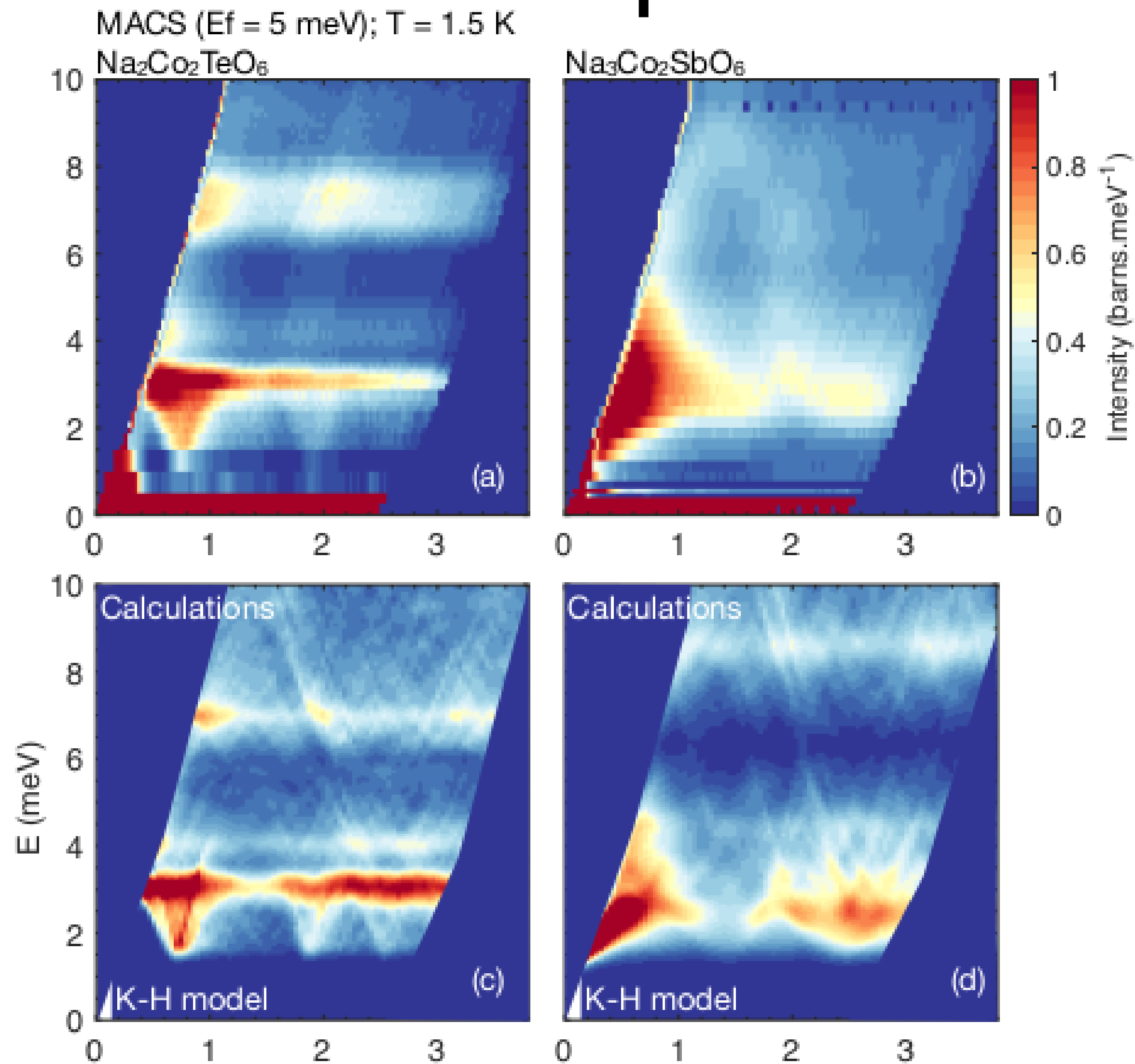
R. Sano, Y. Kato and Y. Motome, Phys. Rev. B 97, 014408 (2018)

Реализация: d^7 ионы - Co^{2+}



H. Liu, J. Chaloupka and G. Khaliullin, Phys. Rev. Lett. 125, 047201 (2020)

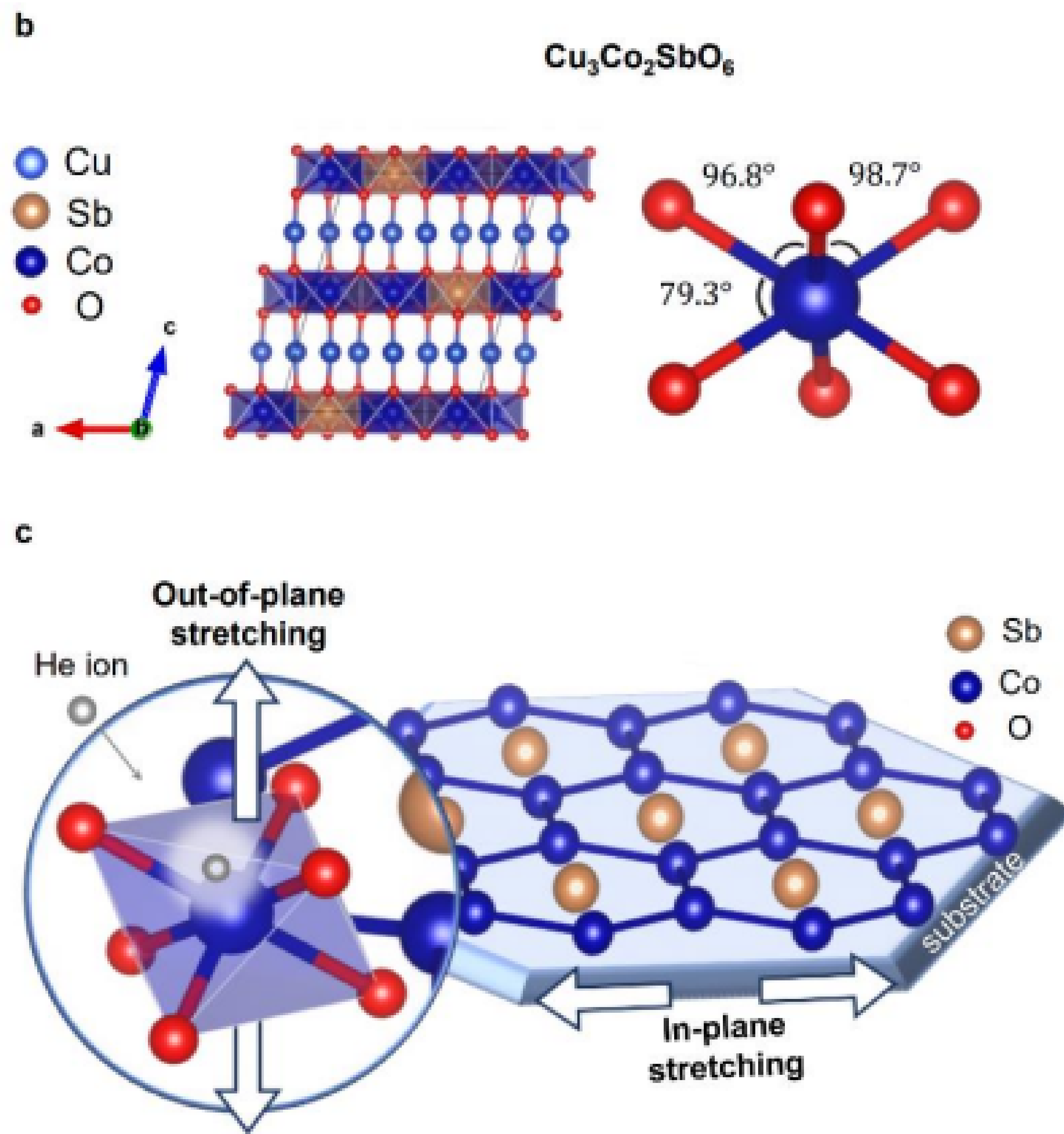
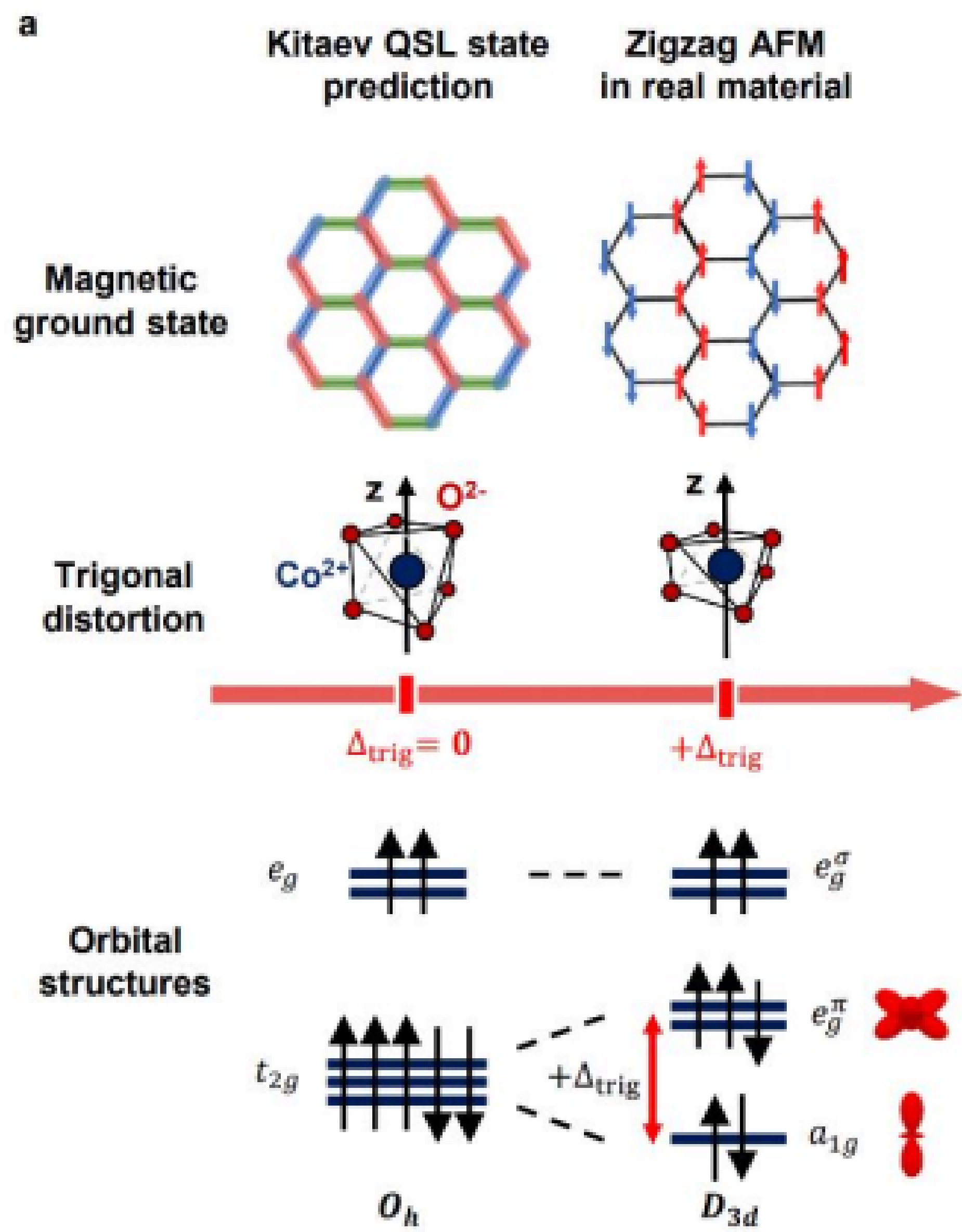
Спектр и обменные параметры

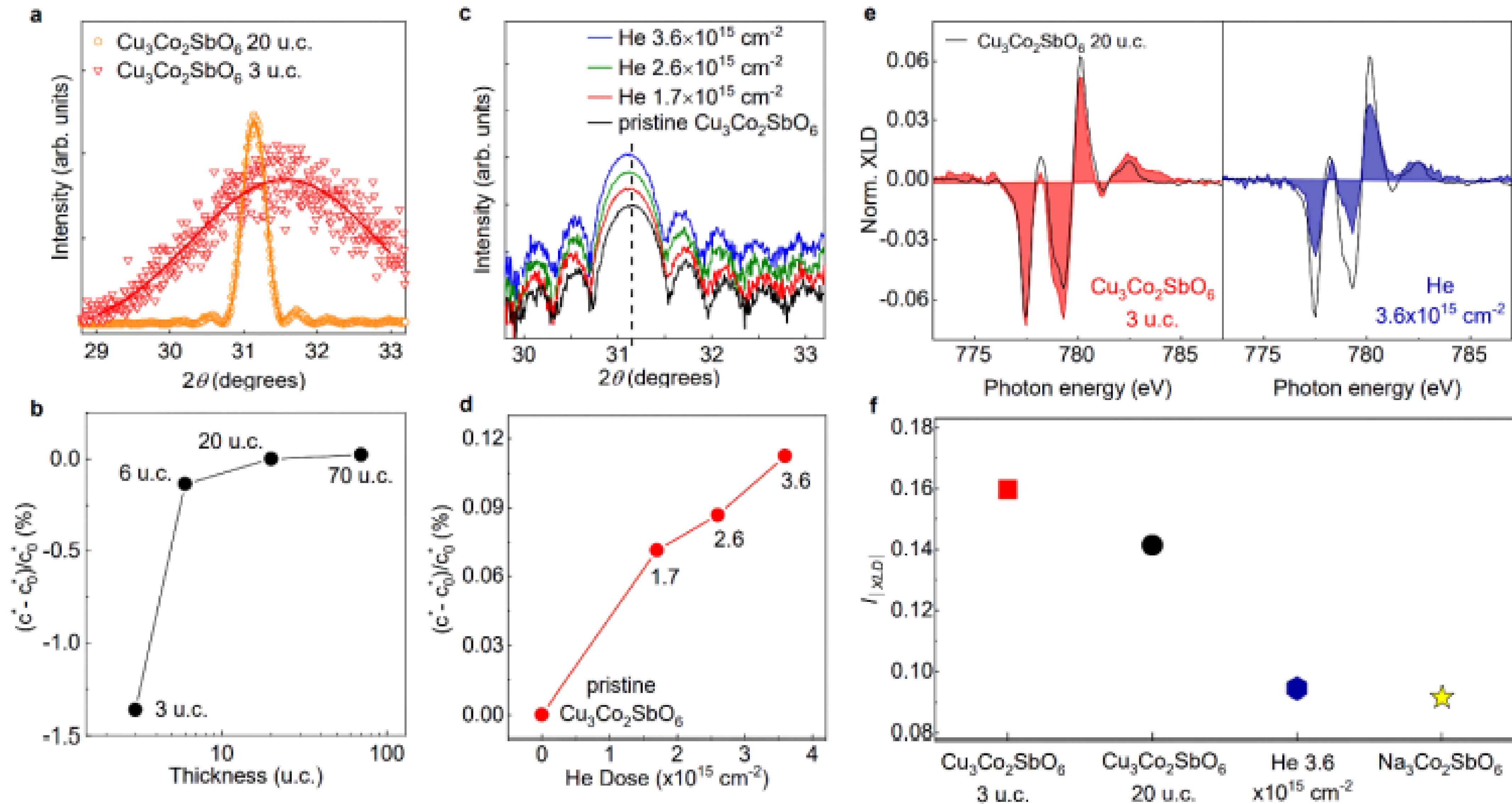


- Упорядоченное основное состояние - зигзаг
- Спин-волновой спектр хорошо описывается моделью Китаева с небольшими недиагональными Γ , Γ' членами

M. Songvilay et al., Phys. Rev. B 102, 224429 (2020)

C. Kim et al., J. Phys.: Condes. Matter 34 045802 (2022)





X-ray linear dichroism (XLD) ($I_{XLD} = I_{\perp z} - I_{\parallel z}$)

