

**АНОМАЛЬНОЕ ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОВЕДЕНИЕ
ЗАТУХАНИЯ МЯГКОЙ МОДЫ В НЕСОРАЗМЕРНОЙ ФАЗЕ
НА ПРИМЕРЕ $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ И Rb_2ZnBr_4**

Н.Н.Колпакова, Г.А.Смоленский

Аномально большое и слабо зависящее от температуры затухание мягкой моды в спектре комбинационного рассеяния света в несоразмерной фазе указывает на присутствие фазона. При $T \rightarrow T_i^-$ температурное поведение затухания мягкой моды определяется амплитудоном.

В последнее время системы с несоразмерной фазой интенсивно исследуются методами комбинационного рассеяния света, рассеяния нейтронов и рентгеновского излучения, а также методами ядерного магнитного резонанса (ЯМР, ЯКР) ¹⁻⁸. В этих исследованиях одной из актуальных задач является обнаружение низкочастотной моды, соответствующей фазону, и изучение поведения фазона в несоразмерной фазе. Исследования несоразмерной фазы методами ЯМР и ЯКР ⁴⁻⁸ позволили надежно показать присутствие фазона в этой фазе и существование солитонов вблизи T_c (температура, соответствующая переходу несоразмерная – соразмерная фаза). В настоящей работе впервые обнаружено существование фазона в несоразмерной фазе по аномальному затуханию мягкой моды в спектре комбинационного рассеяния света.

Для исследования были выбраны кристаллы $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$. В этих кристаллах в интервале температур $T_c = 46\text{K} < T < T_i = 80\text{K}$ наблюдается аномальный температурный гистерезис и аномальная нестабильность во времени ϵ и $\text{tg}\delta$, которые были объяснены присутствием фазона ⁹ (T_i – температура, соответствующая переходу нормальная – несоразмерная фаза).

за). Мягкая мода, появляющаяся в спектре комбинационного рассеяния света ниже T_i , является интенсивной и хорошо определена между 4 и $\sim 77\text{K}$ ¹⁰, что позволяет исследовать ее затухание $\Gamma(T)$ в широком интервале температур.

Температурная зависимость затухания мягкой моды в $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ показана на рис. 1. Ниже T_i затухание мягкой моды уменьшается при понижении температуры, что наблюдается при любом структурном фазовом переходе, при котором появляется мягкая мода. Однако в большей части несоизмерной фазы поведение $\Gamma(T)$ в $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ является аномальным. Вместо того, чтобы монотонно уменьшаться при понижении температуры, затухание мягкой моды остается аномально большим и слабо зависит от температуры. При переходе из несоизмерной в соизмерную фазу ($T < T_c$) $\Gamma(T)$ уменьшается и ниже T_c ведет себя как затухание обычной мягкой моды.

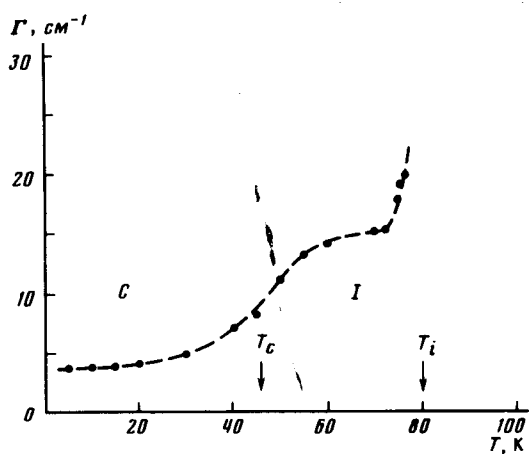


Рис. 1. Температурная зависимость затухания мягкой моды в $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ в соизмерной (C) фазе и несоизмерной (I) фазе

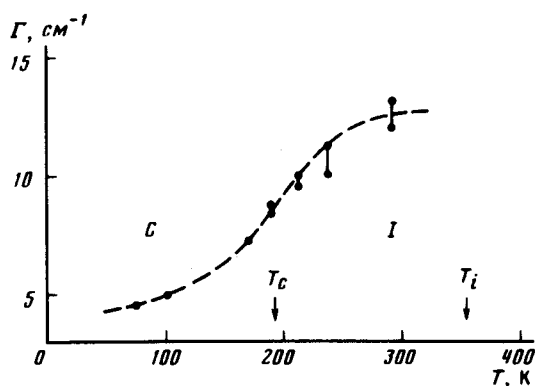


Рис. 2. Температурная зависимость затухания мягкой моды в Rb_2ZnBr_4 в C и I фазе

Кроме того, мы проанализировали также спектры комбинационного рассеяния света в Rb_2ZnBr_4 , полученные другими авторами в^{11, 12}. Проведенный анализ позволил определить температурную зависимость затухания мягкой моды, появляющейся в спектре этого кристалла ниже $T_i = 355\text{K}$ (рис. 2). Как видно из рис. 1 и рис. 2, затухание мягкой моды в Rb_2ZnBr_4 и в $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ ведет себя одинаково при понижении температуры. Более того, температурная зависимость затухания мягкой моды в этих кристаллах имеет такой же вид, как температурная зависимость скорости ядерной спин-решеточной релаксации в Rb_2ZnBr_4 ⁵ и Rb_2ZnCl_4 ⁶ при $T < T_i$. В⁵⁻⁸ показано, что вблизи T_i уменьшение скорости ядерной спин-решеточной релаксации при понижении температуры определяется амплитудоном, а аномальное поведение скорости спин-решеточной релаксации в несоизмерной фазе обусловлено фазоном.

Учитывая аналогию в поведении затухания мягкой моды в комбинационном рассеянии света и поведении скорости спин-решеточной релаксации, в настоящей работе высказано предположение, что аномальное поведение затухания мягкой моды в несоизмерной фазе также обусловлено фазоном.

Из теории несоизмерных фазовых переходов известно^{13, 14}, что ниже T_i в спектре возбуждений появляются две квази-нормальные моды: амплитудон и фазон. Их частоты ω_A и ω_φ определяются следующими дисперсионными соотношениями

$$\omega_\varphi^2(\mathbf{k}) = bk^2, \quad T_c < T < T_i,$$

$$\omega_A^2(\mathbf{k}) = 2a(T_i - T) + bk^2, \quad T < T_i,$$

где \mathbf{k} — волновой вектор, b и a — константы.

Из этих соотношений видно, что в несоразмерной фазе частота амплитудона при $k \rightarrow 0$ остается конечной величиной и растет пропорционально $(T_i - T)^{1/2}$ при понижении температуры. Частота фазона при $k \rightarrow 0$ стремится к нулю (если нет закрепления фазона на дефектах) и не зависит от температуры в пределе "плоской волны". В многосолитонном пределе (при $T \rightarrow T_c^+$) частота фазона зависит от температуры и связана с изменением плотности солитонов^{6, 13}. При переходе из несоразмерной в соразмерную фазу ($T < T_c$) частота фазона возрастает скачком, а частота амплитудона изменяется монотонно.

Таким образом, в несоразмерной фазе $T_c < T < T_i$ в температурной зависимости затухания мягкой моды можно выделить качественно различные области, которые отражают изменение частоты амплитудона и фазона при понижении температуры. Вблизи T_i затухание мягкой моды уменьшается с увеличением разности $(T_i - T)^{1/2}$ и определяется амплитудоном, тогда как в большей части несоразмерной фазы оно слабо зависит от температуры и определяется фазоном. Уменьшение $\Gamma(T)$ в многосолитонном пределе (при $T \rightarrow T_c^+$) связано, видимо, с уменьшением плотности солитонов.

Авторы благодарят И.Г.Синего и С.Н.Попова за полезные дискуссии, и Е.С.Шер за предоставление монокристаллов $\text{Cd}_2\text{Nb}_2\text{O}_7$ для исследований.

Литература

1. Inoue K., Ishibashi Y. J. Phys. Soc., Jpn., 1983, 52, 556.
2. Axe J.D., Iizumi M., Shirane G. Phys. Rev., 1980, 22B, 3408.
3. Andrews S.R., Mashiyama H. J. Phys. C., 1983, 16, 4985.
4. Москалев А.К., Белоброва И.А., Александрова И.П. ФТТ, 1978, 20, 3288.
5. Blinc R., Rutar V., Seliger J., Zumer S., Rasing Th., Aleksandrova I.P. Solid State Comm., 1980, 34, 895.
6. Zumer S., Blinc R. J. Phys. C, 1981, 14, 465.
7. Blinc R., Aleksandrova I.P. et al. J. Phys. C, 1982, 15, 547.
8. Александрова И.П. Изв. АН СССР, сер. физ., 1983, 47, 573.
9. Смоленский Г.А., Колпакова Н.Н., Кижавев С.А. Письма в ЖЭТФ, 1982, 36, 295.
10. Kolpakova N.N., Smolensky G.A., Siny I.G. et al. J. Phys. Soc. Jpn., 1980, 49, Suppl. B, 32.
11. Francke E. et al. Solid State Comm., 1980, 35, 183.
12. Takashige M., Nakamura T. et al. J. Phys. Soc. Jpn., 1980, 48, 150.
13. Bruce A.D., Cowley R.A. J. Phys. C, 1978, 11, 3609.
14. Cowley R.A. Adv. Phys., 1980, 29, 1.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе

Академии наук СССР

Поступила в редакцию

29 апреля 1984 г.