

Ю. М. СЕНДОВ

**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ СПИНОВЫХ ВОЛН
ОПТИЧЕСКОЙ НАКАЧКОЙ**

(Представлено академиком С. В. Вонсовским 19 VI 1972)

В последние годы появилось значительное число работ, посвященных исследованию оптических явлений в магнетоупорядоченных (м.у.) кристаллах. Наиболее интересной особенностью этих исследований является то, что электрические дипольные моменты, связанные со спинами, вызывают поглощение излучения ⁽¹⁾.

В работах ^(1, 2) вычисляется тензор линейной диэлектрической восприимчивости, обусловленной дипольным электрическим моментом обменно-связанных пар.

Цель настоящей заметки — обратить внимание еще на одну возможность применения оптики для исследования м.у. состояния; в частности, данная работа посвящена установлению порогового значения электрического поля, приводящего к вынужденному возбуждению спиновых волн в антиферромагнитных кристаллах. Для этой цели использована методика вычисления высших приближений для функции Грина в задаче реакции системы на внешнее возмущение ⁽³⁾.

Рассмотрим антиферромагнетик с дипольным электрическим моментом

$$P = \sum_{ij} \pi_{ij} s_i s_j, \quad (1)$$

находящийся в переменном электрическом поле с частотой ω : $E = E_0 \cos \omega t$; s — оператор спина соответствующих узлов. Гамильтониан такой системы может быть записан так ⁽⁴⁾:

$$\mathcal{H} = \mathcal{H}_0 + \mathcal{H}_1, \quad (2)$$

где

$$\mathcal{H}_0 = \sum_k \omega_k (a_k^\dagger a_k + b_k^\dagger b_k) \quad (3)$$

оператор энергии антиферромагнетика, ω_k — частоты собственных колебаний спиновой волны, a_k и b_k — Бозе-операторы

$$\mathcal{H}_1 = -E_0 \cos \omega t \sum \pi(k) (a_k b_k - a_k^\dagger b_k^\dagger). \quad (4)$$

Энергия взаимодействия внешнего поля излучения со спиновой системой:

$$P = \sum \pi(k) (a_k b_k - a_k^\dagger b_k^\dagger), \quad (5)$$

дипольный электрический момент обменно-связанных пар

$$\pi(k) = \sum_{ij} \pi_{ij} \exp(i k R_{ij}). \quad (6)$$

Здесь и далее мы следуем обозначениям работы ⁽¹⁾.

Для удобства введены следующие обозначения:

$$A = \sum_k A(k), \quad A(k) \pi(k) (a_k b_k - a_k^\dagger b_k^\dagger), \quad B = -E_0 \sum_k A(k). \quad (7)$$

Следуя работе (3), находим среднее от оператора для нашей задачи:

$$\begin{aligned} \langle A_k \rangle &= \langle A \rangle_0 + (-2\pi)^2 G_3(A_k; 0, -\omega) \times \\ &\times e^{i\omega t} \{ (-2\pi) G_2(A_k; -\omega) + (-2\pi)^3 [G_4(A_k; -\omega, 0, 0) + \\ &+ G_4(A_k; -\omega, 0, -\omega) + G_4(A_k; -\omega, -2\omega, -\omega)] \}; \end{aligned} \quad (8)$$

$\langle A \rangle_0$ — среднее по равновесной матрице плотности (3), где функция Грина G_3, G_2, G_4, \dots соответственно равны

$$\begin{aligned} G_3(A_k; 0, -\omega) &= 0, \\ G_2(A_k; 0, -\omega) &= -\frac{1}{2\pi} \pi(k) (\pi(k) E_0) \frac{1 + \langle a_k^+ a_k \rangle_0 + \langle b_k^+ b_k \rangle_0}{\omega - 2\omega_k - 2i\eta_k}, \\ G_4(A_k; -\omega, 0, \omega) &= (2i\eta_k \pi)^{-1} (\pi(k) E_0) \frac{G_2(A_k; \omega) - G_2(A_k^*; \omega)}{-\omega - 2\omega_k + 2i\eta_k}, \\ G_4(A_k; -\omega, 0, -\omega) &= (2i\pi\eta_k)^{-1} (\pi(k) E_0) \frac{G_2(A_k; \omega) - G_2(A_k^*; \omega)}{-\omega - 2\omega_k + 2i\eta_k}, \\ G_4(A_k; -\omega, -2\omega, -\omega) &\simeq 0. \end{aligned} \quad (9)$$

Электрическая восприимчивость, полученная из (8), соответствует результату работы (4).

Из выражения (8) легко можно установить критерий (5) критического значения электрического поля для параметрического возбуждения спиновых волн:

$$(E_c^0 \pi(k)) = \frac{i}{(8\pi)^{1/2}} [(\omega - 2\omega_k)^2 + 4\eta_k^2]^{1/2}. \quad (10)$$

В частном случае $E_c^0 \pi(k) = \pi_x E_c^{0x}$, беря выражение из (1), получаем:

$$E_c^{0x} = \frac{[(\omega - 2\omega_k)^2 + 4\eta_k^2]^{1/2}}{32\pi^{1/2} P \sin \theta \sin ak_y/2 \cos ak_x/2 \cos ck_z/2}, \quad (11)$$

где θ — угол между осью c кристалла и вектором π_{ij} , $p = |\pi_{ij}|$, η_k — ширина линии, соответствующей k -му возбуждению.

Взяв $p \sim 10^{-3} - 10^{-5}$ а.е. (4), $\eta_k \cong \eta_0 \sim 10^8$ сек $^{-1}$ при $\omega = 2\omega_k$, можно оценить порядок величины критического электрического поля: $E_c^0 \sim 10^5 - 10^7$ в/см.

Институт физики
Академии наук АзербССР
Баку

Поступило
26 V 1972

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Т. Моріја, J. Phys. Soc. Japan, 21, 926 (1966). ² Ю. М. Сеидов, М. Н. Абдуллаев, Изв. АН АзербССР, сер. физ.-технич. и матем. наук, № 1 (1969). ³ С. В. Тябликов, Методы квантовой теории магнетизма, М., 1965. ⁴ Ю. М. Сеидов, М. Н. Абдуллаев, М. С. Галанов, Тез. XIV Всесоюз. конф. по физике низких температур, Харьков, 1967. ⁵ E. Madsen, T. Tanaka, Phys. Rev., 184, № 2 (1969). ⁶ Ю. М. Сеидов, Препринт Инст. физики АН АзербССР, № 5, 1971.