

к-ром происходит опрокидывание подрешёток (спин-флип, см. Антиферромагнетизм):

$$H_c = H_{AE} = 2M_0 \sqrt{aB} = \sqrt{2H_A H_E}. \quad (8)$$

Здесь введены два эфф. поля — обменное поле  $H_E = BM_0$  и поле анизотропии  $H_A = 2|a|M_0$ . При  $H_0 = H_c$  вектор  $L$  устанавливается перпендикулярно  $Oz$ , возникает намагниченность  $M_z = H_0/B$ .

Замена в (1) векторов  $M_1, M_2$  на  $L$  и  $M$  даёт систему из 6 ур-ний, решения к-рых пишутся в виде:

$$L = L_0 + l e^{i\omega t} \text{ и } M = M_0 + \mu e^{i\omega t} \quad (9)$$

(значения  $L_0$  и  $M_0$  соответствуют осн. состоянию, а  $l$  и  $\mu$  — амплитуды колебаний при А. р.).

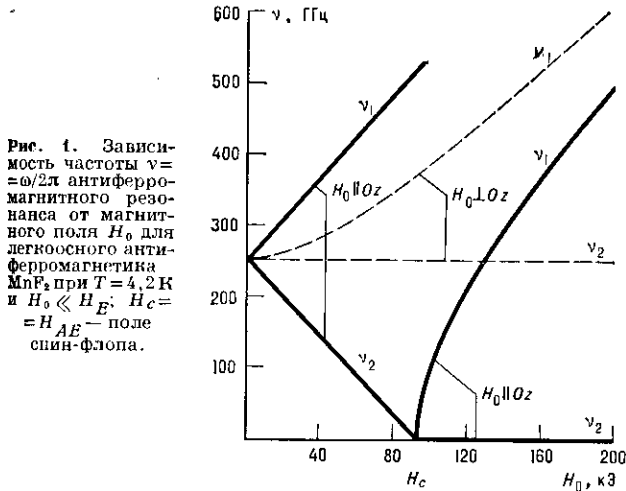


Рис. 1. Зависимость частоты  $\nu = \omega/2\pi$  для антиферромагнитного резонанса от магнитного поля  $H_0$  для легкоосного антиферромагнетика  $MnF_2$  при  $T = 4,2$  К и  $H_0 \ll H_E$ ;  $H_c = H_{AE}$  — поле спин-флота.

Собств. частоты ( $\omega_1$  и  $\omega_2$ ) для перечисленных осн. состояний являются корнями характеристич. ур-ния системы из 6 однородных ур-ний относительно  $l_k$  и  $\mu_k$ .

При  $H_0 \perp Oz$  и  $H_0 < 2H_E$ :

$$\omega_1 = \gamma \sqrt{H_{AE}^2 + H_0^2}, \quad \omega_2 = \gamma H_{AE} \sqrt{1 - H_0^2/2H_E^2}. \quad (10)$$

При  $H_0 \parallel Oz$  и  $H_0 < H_c$ :

$$\omega_{1,2} = \gamma H_{AE} \pm \gamma H_0. \quad (11)$$

При  $H_0 \parallel Oz$  и  $H_0 > H_c$ :

$$\omega_1 = \gamma \sqrt{H_0^2 - H_{AE}^2}, \quad \omega_2 = 0. \quad (12)$$

В поле  $H = H_E$  происходит схлопывание подрешёток (спин-флип). В больших полях резонанс наблюдается на одной частоте:  $\omega = \gamma H_0$  (в приближении  $H_A \ll H_0$ ). Зависимость собств. частот от магн. поля показана на рис. 1.

На рис. 2 показан вид свободных колебаний векторов  $L$  и  $M$  (относит. величина  $M$  сильно завышена) в легкоосном АФ при  $H = 0$ . Характерной особенностью прецессии векторов намагниченности подрешёток в этом случае является тот факт, что даже в отсутствие внеш. магн. поля подрешётки скачиваются и возникает намагниченность  $m$ , к-рая прецессирует (в фазе или в противофазе с  $L$ ), оставаясь всё время перпендикулярной вектору  $L$ . Возникающий при свободных колебаниях скос подрешёток объясняет появление обменного поля  $H_E$  в ф-лах для собств. частот. Как видно из рис. 2, две моды колебаний отличаются направлением прецессии векторов  $L$  и  $M$  и проекций вектора  $m$  на ось  $Oz$ . Эта проекция и обуславливает, как видно из ф-лы (6), снятие вырождения при наложении магн. поля вдоль оси  $Oz$ . Круговая прецессия векторов намагниченности наблюдается только в легкоосном АФ (в слабом поле  $H_0 \parallel Oz$ ). В большинстве случаев колебания векторов  $L$  и  $M$  носят более сложный характер.

Для АФ типа «лёгкая плоскость» (у них в осн. состоянии вектор  $L$  лежит в базисной плоскости) значение параметра  $a$  в (7) отрицательно ( $a < 0$ ). В поле  $H_0$  любого направления вектор  $L$  устанавливается перпендикулярно  $H_0$  (в пренебрежение анизотропией в базисной плоскости) и намагниченность  $M = H_0/B$ . Собств. частоты свободных колебаний:

$$\omega_1 = \gamma H_0, \quad \omega_2 = \gamma H_{AE} \sqrt{1 - H_0^2/2H_E^2} \quad (\text{при } H_0 \perp Oz); \quad (13)$$

$$\omega_1 = \gamma \sqrt{H_{AE}^2 + H_0^2}, \quad \omega_2 = 0 \quad (\text{при } H_0 \parallel Oz). \quad (14)$$

В легкоплоскостных АФ со слабым ферромагнетизмом в ф-лы для А. р. входит поле Дзялошинского  $H_D$ .

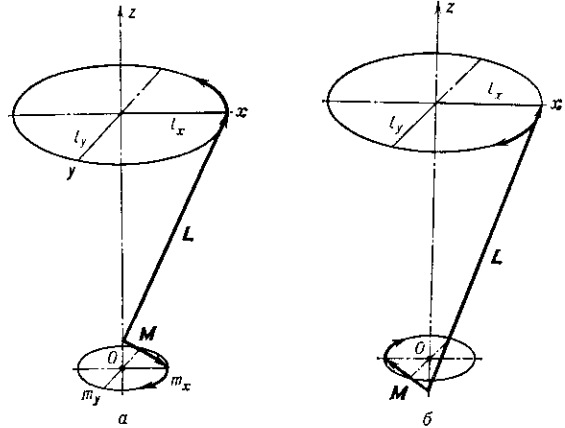


Рис. 2. Прецессия векторов  $L$  и  $M$  при антиферромагнитном резонансе в легкоосном антиферромагнетике: а — мода с большей частотой [знак + в формуле (11)];  $l_x = i l_y, m_{\perp} / l_{\perp} = \sqrt{H_A/H_E}$ ; б — мода с меньшей частотой [знак — в формуле (11)];  $l_x = -i l_y, m_{\perp} / l_{\perp} = -\sqrt{H_A/H_E}$ .

В частности, в ромбоэдрич. АФ со слабым ферромагнетизмом

$$\omega_1 = \gamma \sqrt{H_0 (H_0 + H_D)}, \quad (15)$$

$$\omega_2 = \gamma H_{AE} \sqrt{1 + H_D (H_D + H_0)/H_{AE}^2}.$$

Спектр А. р. для легкоплоскостных АФ со слабым ферромагнетизмом приведён на рис. 3. Схема колебаний векторов  $M$  и  $L$  для НЧ-ветви показана на рис. 4.

Наличие безактивная. ветви А. р. ( $\omega_1 = \gamma H_0$ ) у легкоплоскостного АФ обусловлено общим св-вом систем

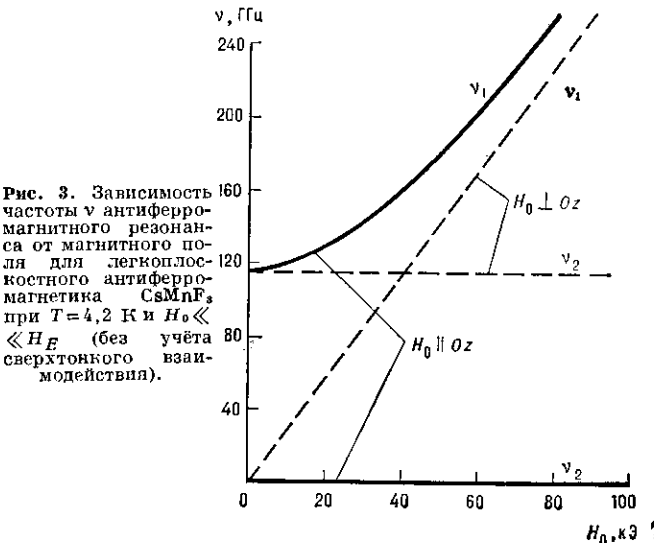


Рис. 3. Зависимость частоты  $\nu$  антиферромагнитного резонанса от магнитного поля для легкоплоскостного антиферромагнетика  $CsMnF_3$  при  $T = 4,2$  К и  $H_0 \ll H_E$  (без учёта сверхтонкого взаимодействия).