Письма в ЖЭТФ, том 87, вып. 9, с. 560 – 560

О несобственном ферромагнетизме

В. И. Марченко

Институт физических проблем им. П.Л. Капицы РАН, 119334 Москва, Россия

Поступила в редакцию 11 марта 2008 г.

Отмечено, что при фазовых переходах второго рода в антиферромагнитное состояние возможно возникновение намагниченности за счет обменных эффектов.

PACS: 75.10.b, 75.40.Cx

Как было показано Инденбомом (см. [1]), при фазовых переходах второго рода по представлениям, не входящим в состав векторного, возможны случаи возникновения электрической поляризации. Аналогичное явление должно существовать в магнетизме.

Действительно, рассмотрим, например, магнитный переход по представлению E $(\mathbf{k}=0)$ в кристаллах класса симметрии C_{3v} в обменном приближении. Параметром порядка является пара антиферромагнитных векторов $\{\mathbf{L}_1,\ \mathbf{L}_2\}$. Первые члены разложения термодинамического потенциала Ландау–Дзялошинского есть

$$a(T-T_c)\eta^2+B\eta^4+C\mathbf{Z}^2\mathbf{Z}^{*2}, \tag{1}$$

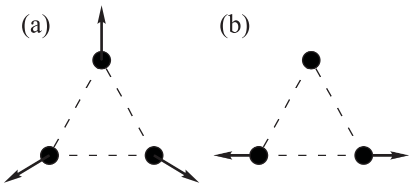
где $\mathbf{Z}=\mathbf{L}_1+i\mathbf{L}_2$, $\eta^2=(\mathbf{Z}\mathbf{Z}^*)=\mathbf{L}_1^2+\mathbf{L}_2^2$. Пусть φ есть угол между векторами $\mathbf{L}_1,\mathbf{L}_2$, а параметр θ определяется как $\mathrm{tg}\theta=|\mathbf{L}_2|/|\mathbf{L}_1|$. Тогда последний член в потенциале (1) можно записать в виде

$$C\eta^4(1-\sin^2 2\theta\sin^2\varphi). \tag{2}$$

Возникающие структуры представим с помощью подрешеток (см. рисунок). При $C>0$ реализуется треугольная антиферромагнитная структура (a): $|\mathbf{L}_1|=|\mathbf{L}_2|$, $\mathbf{L}_1\perp\mathbf{L}_2$. Если же $C<0$, то минимизация вклада (2) дает лишь возможные значения угла $\varphi=0,\pi$. Для определения параметра θ необходимо учесть еще следующий инвариант $(\mathbf{Z}^2)^3+(\mathbf{Z}^{*2})^3$:

$$D\eta^6(\cos^3 2\theta-3\cos 2\theta\sin^2 2\theta\cos^2\varphi). \tag{3}$$

При $D>0$ реализуется структура (b): $\{0,\mathbf{L}_2\}$, а при $D<0$ – структура (c): $\{\mathbf{L}_1,0\}$; плюс эквивалентные структуры с циклическими перестановками подрешеток, соответствующими элементу симметрии C_3 парамагнитной фазы.



В структуре (b) отсутствие намагниченности у первой подрешетки и взаимная противоположность намагниченностей второй и третьей подрешеток предопределены элементом обменной симметрии $\sigma_v R$ – произведением перестановок атомов при пространственном отражении σ_v и изменения знака времени R.

Компенсация же подрешеток в структуре (c) оказывается приближенной, так как нет преобразования, связывающего подрешетки с различной по модулю поляризацией. Ориентированная вдоль вектора $\mathbf{L}_1$ намагниченность $M\propto(T_c-T)^{3/2}$ возникает здесь благодаря наличию обменного инварианта

$$\mathbf{Z}^2(\mathbf{Z}\mathbf{M})+\mathbf{Z}^{*2}(\mathbf{Z}^*\mathbf{M}).$$

Заметим, что так как этот инвариант кубичен по основному параметру порядка $\mathbf{Z}$, переход становится переходом первого рода во внешнем магнитном поле.

Очевидно, что в отличие от слабого ферромагнетизма Дзялошинского несобственный ферромагнетизм, имея обменную природу, должен быть мал лишь вблизи перехода.

Благодарю М.Е. Житомирского за полезное обсуждение.

1. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, *Электродинамика сплошных сред*, М.: Наука, 1982.