

## ВЛИЯНИЕ ТРЕХМЕРНОСТИ НА СВОЙСТВА ФАЗ С КАЛИБРОВОЧНЫМ ПОТОКОМ (АНИОНОВ)

И.Е.Дзялошинский

Приведены простые, основанные на симметрии соображения в пользу того, что эффекты трехмерности разрушают макроскопический калибровочный поток. Калибровочное поле всегда имеет "антиферромагнитную" структуру.

За последнее время одной из популярных моделей парамагнитной квантовой жидкости стали фазы с калибровочным потоком (анионы) (см., например, <sup>1-3</sup>). При этом существенна двумерная природа явления, остающаяся хорошим приближением и для слоев окиси меди в высокотемпературных сверхпроводниках. Так в модели  $CP^1$  (см., например, <sup>2</sup>) поведение спинов ионов меди  $Cu^{2+}$  в плоскости  $xy$  и во времени  $\tau$  ( $abc = x\tau$ ) описывается комплексным бозонным полем  $z_\alpha$  ( $\alpha = \pm$ ) и вещественным калибровочным потенциалом  $A_a$  с действием

$$\frac{1}{2g} |(\partial_a - A_a)z|^2 + \kappa \frac{1}{4\pi^2} i\epsilon_{abc} A_a \partial_b A_c. \quad (1)$$

В приближении молекулярного поля легко убедиться, что второй член в (1) – член Черн–Саймона – превращает бозоны  $z$  в анионы с калибровочным потоком (магнитным полем  $H_g$ ) на одну частицу, пропорциональным  $1/\kappa$ .

Трехмерность образца нарушает эту простую картину. Когда расположение спинов вообще далеко от слоистого, можно показать, что единственно возможным анионом будет, как впрочем и следовало ожидать, фермион <sup>4</sup>. В квазидвумерной ситуации действие (1) остается хорошим приближением. К нему лишь надо добавить энергию перескока  $z$ -частиц с одного слоя на другой. Простейший член такого рода есть джозефсоновское туннелирование поперек слоев, квадратичное по производным  $\partial/\partial z$  поперек слоев.

Имеется однако выражение, линейное по поперечным производным. По структуре это тот же черн-саймоновский член, но составленный не из  $x\tau$  и  $z$ ,

$$\kappa' i\epsilon_{jkl} A_j \partial_k A_l; \quad jkl = xyz. \quad (2)$$

Новый черн-саймоновский член (2) не вносит дополнительного нарушения симметрии:  $PT$ -инвариантность нарушена уже черн-саймоновским членом в (1).

С другой стороны (2) ведет к новому явлению: току  $z$ -частиц в направлении, поперечном слоям, пропорциональному калибровочному полю (поток)  $H_g$ :

$$J_z \sim \kappa' H_g. \quad (3)$$

Поскольку в равновесии ток  $J_z$  отсутствует, соотношение (3) запрещает макроскопическую (в трехмерном смысле) калибровочную намагниченность  $H_g$ . Потоки и поля в соседних слоях должны быть ориентированы антиферромагнитно. В частности вряд ли следует ожидать вращения плоскости поляризации <sup>3</sup>.

### Литература

1. Kalmeyer V., Laughlin R.B.: Phys. Rev. Lett., 1987, 59, 2096; Laughlin R.B. Science, 1988, 242, 525.
2. Dzyaloshinskii I. et al. Phys. Lett. A, 1988, 127, 112.

3. *Yi-Hong Chen et al.* On Anyon Superconductivity. Preprint IASSNS-HEP-89/27, 1989.

4. *Dzyaloshinskii I.* Mod. Phys. Lett. B, 1989, 3, 1067.

Институт теоретической физики им. Л.Д.Ландау

Академии наук СССР

Поступила в редакцию

9 ноября 1989 г.