

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

53(048)

НАУЧНАЯ СЕССИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ
И АСТРОНОМИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

(27—28 октября 1982 г.)

27 и 28 октября 1982 г. в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР состоялась научная сессия Отделения общей физики и астрономии АН СССР. На сессии были заслушаны доклады:

27 октября

1. Е. И. Кац. Флуктуации параметра порядка в жидких кристаллах.
2. С. В. Мананов, В. Е. Захаров. Распространение ультракоротких оптических импульсов в лазерных усилителях.
3. Е. И. Штырков. Генерация пространственно-периодических структур суперпозиционных состояний атомов.

28 октября

4. В. Н. Агеев. Адсорбционно-десорбционные процессы на поверхности твердого тела.
5. Б. А. Тверской. Магнитосферно-ионосферное взаимодействие и полярные сияния.

Краткое содержание четырех докладов публикуется ниже.

548,0:53(048)

Е. И. Кац. Флуктуации параметра порядка в жидких кристаллах. В последние годы продолжались интенсивные исследования жидких кристаллов, причем были открыты интересные особенности уже известных типов жидких кристаллов^{1, 2}, а также обнаружены³ и изучены новые жидкокристаллические структуры⁴. Ниже будут рассмотрены два примера, иллюстрирующие эти положения.

1. Сметтик А. Упругая энергия смектика А описывается хорошо известным выражением, согласующимся с теоремой Ландау — Пайерлса о трехмерном теле с одномерной модуляцией плотности:

$$F = \frac{1}{2} \int d^3x [B (\nabla_{\parallel} u)^2 + K_1 (\nabla_{\perp}^2 u)^2], \quad (1)$$

где B , K_1 — упругие модули, u — смещение смектических слоев.

Среднеквадратичная флуктуация смещений логарифмически расходится, что делает смектик А похожим на двумерную систему. Однако имеется существенное отличие от двумерных систем. Дело в том, что выражение (1) для свободной энергии соответствует так называемой точке Лифшица, т. е. такой критической точке, в которой обращается в нуль коэффициент при нескольких (m) компонентах квадрата градиента (в данном случае $m = 2$). В точке Лифшица взаимодействие флуктуаций существенно и гауссовское поведение, соответствующее (1), неустойчиво. В данном же случае симметрия запрещает взаимодействие флуктуаций не обращающееся в нуль в длинноволновом пределе. Поэтому гауссовские индексы корреляционной функции не

изменяются. Наиболее опасное взаимодействие

$$H_{\text{int}} = \frac{\gamma_0}{4!} \int (\nabla \perp u)^4 d^3x \quad (2)$$

приводит к логарифмическим поправкам к корреляционным функциям. Поэтому с этой точки зрения смектик А похож на четырехмерную систему. Отметим, что в двумерных системах (которые не являются «точкой Лифшица») опасные ангармонические взаимодействия отсутствуют. Указанную выше четырехмерную аналогию проще всего увидеть непосредственно в терминах корреляционной функции флуктуаций директора, связанных с флуктуациями смещений $\delta n_{\perp} = \nabla_{\perp} u$:

$$D_{\perp} = \langle \delta n_{\perp} \cdot \delta n_{\perp} \rangle.$$

В смектической₁ фазе

$$D_{\perp} \sim \frac{T_1}{K_1 q_{\perp}^2 + B (q_{\perp}^2 / q_{\parallel}^2)}.$$

Если ввести полярный угол $p = \cos \theta$, то опасное взаимодействие существенно при $p \ll 1$ и в этой области

$$D_{\perp} \sim \frac{T}{K_1 q^2 + B p^2},$$

т. е. корреляционная функция соответствует четырехмерной модели.

Взаимодействие флуктуаций приводит в смектике А к логарифмическим поправкам к модулям упругости: $\delta B \sim (\ln q_{\parallel} a)^{-4/5}$, $\delta K_1 \sim [\ln (q_{\perp} a)]^{2/5}$ (a — молекулярный размер), сечению рассеяния света, восприимчивости и т. п. Такие неаналитические поправки ограничивают применимость гидродинамического разложения свободной энергии по малым градиентам. С другой стороны, экспериментально проще наблюдать эти логарифмические поправки по зависимости сечения рассеяния света в различных поляризациях от магнитного поля. Соответствующие формулы приведены в ².

2. Полная кристаллизация дискотических жидких кристаллов. Дискотические жидкие кристаллы, открытые недавно Чандрасекаром и др. ³, являются системой жидких столбиков, образующих двумерную решетку (т. е. это двумерное твердое тело и одновременно одномерная жидкость). При полной кристаллизации дискотического жидкого кристалла, т. е. переходе в истинный трехмерный кристалл, создается модуляция плотности вдоль жидких столбиков:

$$\delta \rho = \frac{1}{\sqrt{2}} (\psi e^{iq_0 x} + \psi^* e^{-iq_0 x}), \quad (3)$$

где q_0 — волновой вектор модуляции, а ψ играет роль параметра порядка для перехода.

Разложение Ландау свободной энергии по степеням ψ с учетом локальной инвариантности системы относительно одновременных поворотов системы жидких столбиков и директора:

$$F = \frac{1}{2} \int d^3x \left[a |\psi|^2 + \frac{1}{2} |\psi|^4 + c_{\parallel} |\nabla_{\parallel} \psi|^2 + c_{\perp} |(\nabla_{\perp} - iq_0 \delta n) \psi|^2 \right] + F_{\text{el}}, \quad (4)$$

где F_{el} — упругая энергия дискотика.

Интересно отметить, что взаимодействие параметра порядка с флуктуациями директора δn не изменяет характера фазового перехода. В этом отношении ситуация совсем не похожа на задачу о фазовом переходе сверхпроводник 1-го рода — нормальный металл или нематик — смектик А, где исключение калибровочного поля (А или δn) приводит к слагаемым ψ^3 в разложении свободной энергии и, следовательно, к фазовому переходу 1-го рода. В данном случае аналогичная процедура приводит к слагаемым ψ^5 и потому не меняет характера перехода. Таким образом, переход дискотик — кристалл служит редким примером, когда полная кристаллизация может быть фазовым переходом 2-го рода. В реальных дискотических жидких кристаллах этот переход является фазовым переходом 1-го рода, хотя и более слабым, чем переход плавления обычных молекулярных кристаллов. «Первородность» перехода может быть связана с взаимодействием параметра порядка ψ с другими некритическими степенями свободы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grinstein G., Pelcovits R. A. — Phys. Rev. Lett., 1981, v. 47, p. 856.
2. Кац Е. И. — ЖЭТФ, 1982, т. 83, с. 1367.
3. Chandrasekhar S., et al. — Pramana, 1977, v. 9, p. 471.
4. Кац Е. И. — ЖЭТФ, 1978, т. 75, с. 1819.
Кац Е. И., Монастырский М. И. — Письма в ЖЭТФ, 1981, т. 34, с. 543.
Каменский В. Г., Кац Е. И. — ЖЭТФ, 1982, т. 82, 1507.