

## ПРЕДПЕРЕХОДНЫЕ ЭФФЕКТЫ В БЛИЗИ ГОЛУБЫХ ФАЗ ХОЛЕСТЕРИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА

*Е.И.Демихов, В.К.Долганов*

Измерено вращение плоскости поляризации света (ВППС) в изотропной жидкости, голубых и „фоговой” фазах короткошагового холестерического жидкого кристалла (ЖК). Обнаружено немонотонное поведение предпереходного ВППС вблизи перехода в „фоговую” фазу. Определены коэффициенты разложения Ландау – де Жена.

В последнее время <sup>1–3</sup> интенсивно излучаются явления, происходящие вблизи фазового перехода изотропная жидкость (ИЖ) – холестерик с малым шагом спирали. Этот переход интересен тем, что в интервале  $\sim 1$  К между температурой перехода ИЖ – ЖК и температурой абсолютной неустойчивости жидкости возникает несколько стабильных фаз (голубые фазы) с аномальными свойствами. В теоретических работах <sup>4–5</sup> указано на особенности предпереходных эффектов в короткошаговых холестериках вблизи перехода в голубые фазы. Наиболее характерным предпереходным эффектом для холестерических ЖК является вращение плоскости поляризации света.

Температурная зависимость ВППС для холестерилового эфира пеларгоновой кислоты в голубых *BP I* (363,25 – 363,65 К), *BP II* (363,65 – 363,75 К), „фоговой” (363,75 – 363,8 К) фазах и в изотропной жидкости ( $T > T_c = 363,8$  К) показана на рисунке. Точность регулировки и измерения температуры  $\pm 0,005$  К, угла  $0,15'$ . Температуры переходов между голубыми фазами определялись по измерению ВППС и параметров решетки голубых фаз. Параллельно проводился визуальный контроль образования фаз. По скачкам ВППС на границах фаз можно судить, что все фазовые переходы первого рода. В приведенном температурном интервале ВППС состоит из молекулярного вклада <sup>1)</sup>, а также, в основном, из структурного вклада  $\phi_c$  в *BP I*, *BP II* ( $\phi_c > \phi_0$ ) и флуктуационного в изотропной жидкости ( $\phi_\phi \lesssim \phi_0$ ). Уменьшение структурного ВППС в голубых фазах при повышении температуры и при фазовом переходе *BP I*  $\rightarrow$  *BP II*, коррелирует с уменьшением параметров кубической решетки ЖК в этой области температур. Параметр ориентационного упорядочения молекул при переходе между кубическими фазами *BP I*  $\rightarrow$  *BP II* уменьшается на 10 %.

В изотропной фазе ВППС имеет максимум вблизи перехода в ЖК состояния. Такое поведение предпереходного ВППС может быть объяснено на основе теории Ландау – де Жена короткошаговых холестериков. Согласно <sup>4</sup> предпереходное ВППС связано с флуктуационными модами – плоской и конической спиралей. При температурах  $T - T_c > 1$  К ВППС определяется вкладом мод конической спирали <sup>4–6</sup>.

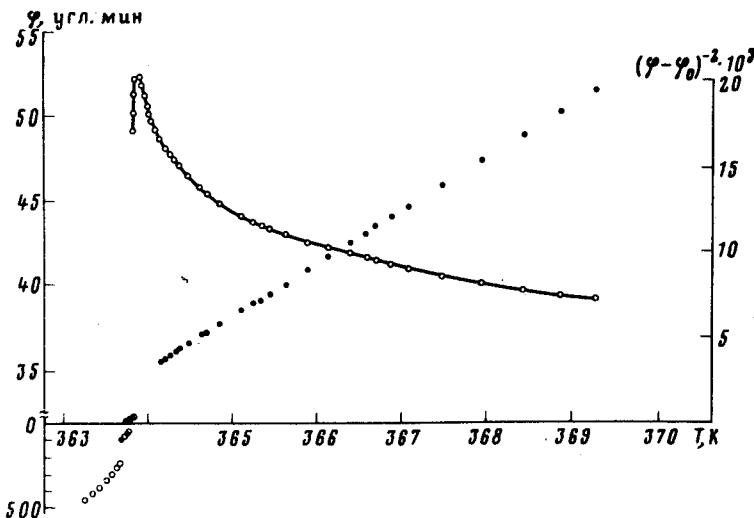
$$\phi - \phi_0 = \frac{k_0^2 q_0 k_B T}{48 \epsilon_0^2 (1 + c/2b)^{3/2} (ba_0)^{1/2} \tau_3^{1/2}},$$

где  $\tau_3 = T - T_c^*$ .

$T_c^*$  – температура абсолютной неустойчивости ИЖ по отношению к переходу в структуру конической спирали.

Экспериментальная зависимость  $(\phi - \phi_0)^{-2}$  при этих  $T$  хорошо описывается линейной функцией (см. рисунок). Используя экспериментальное значение шага спирали холестерика вблизи перехода в *BP I*  $p = 2350$  Å,  $\epsilon = 2,2$  <sup>7</sup>,  $c/b = 0,6$  <sup>6</sup>, методом наименьших

<sup>1)</sup> Собственное молекулярное вращение измерено в 1-%-ном растворе в бензоле, равно  $32'$  и имеет тот же знак что и ВППС в изотропной жидкости.



○ -- ВППС ( $\phi$ ) в голубых „фоговой” фазах ЖК и в предпереходной области, ● -- зависимость  $(\phi - \phi_0)^{-2}$  жидкости при  $T - T_c > 0,3$  К.  $d = 2$  мм,  $\lambda = 633$  нм

квадратов по экспериментальным данным определены произведение коэффициентов при квадратичном и градиентном членах разложения Ландау – де Жена,  $a_0 b = 4 \cdot 10^2$  эрг/см<sup>4</sup>·К,  $T_3^* = 363$  К. Вращение на плоской флюктуационной моде имеет обратный знак <sup>4</sup> по сравнению с ВППС на моде конической спирали. Относительная величина вкладов от этих мод определяется соотношением их корреляционных длин <sup>4, 5</sup>

$$\xi_s = \xi_0 (T^*/\tau_s)^{1/2}, \quad s = 1, 3,$$

$$\text{где } \tau_1 = T - T^* - \frac{b}{a_0} q_0^2, \\ \tau_3 = T - T^* - \frac{b}{a_0} q_0^2 \frac{1}{4(1 + c/2b)}.$$

Для оценки  $\xi_0$  воспользуемся фазовой диаграммой Хорнрайха – Штрикмана <sup>3</sup>:  $\xi_0 = 7 \div 9$  Å, при этом  $a_0 \sim 1,3 \cdot 10^7$  эрг/см<sup>3</sup>·К,  $b \sim 3 \cdot 10^{-5}$  эрг/см, что на порядок больше соответствующих величин для нематического МББА. Вблизи фазового перехода в „фоговую” фазу корреляционные длины мод в нашем случае заметно отличаются:  $\xi_1/\xi_3 = 1,3 \div 1,7$  ( $T - T_c = 0,2$  К), так как флюктуации плоской спирали энергетически более выгодны. Смягчение плоской моды приводит к существенному вкладу моды  $s = 1$  в ВППС и к немонотонному ходу флюктуационного вращения. В „фоговой” фазе ВППС того же порядка, что и флюктуационное вращение в изотропной жидкости вблизи перехода в ЖК состояние. Это может указывать на существенную роль флюктуаций в „фоговой” фазе, температура перехода в которой находится вблизи расходимости флюктуаций плоской спирали. В этом случае сильны эффекты перенормировки <sup>8</sup>. Создание количественной теории предпереходных эффектов в случае сильно развитых флюктуаций позволит выяснить роль взаимодействующих флюктуаций в образовании голубых и „фоговой” фаз.

Авторы выражают благодарность Е.И.Кацу за обсуждение результатов.

#### Литература

- 1. Meiboom S., Sammon M. Phys. Rev., 1981, A24, 468.
- 2. Bergmann K., Stegemeyer H. In Liquid Crystals of One- and Two-Dimensional Order, Ed. by W.Helfrich, G.Heppke, Springer-Verlag, 1980, Berlin, 1980, p.161.

3. *Hornreich R.M., Shtrikman S.* Phys. Rev., 1981, A24, 635.
4. *Бразовский С.А., Дмитриев С.Г.* ЖЭТФ, 1975, 69, 979.
5. *Филев В.М.* Письма в ЖЭТФ, 1983, 37, 589.
6. *Долганов В.К., Крылова С.П., Филев В.М.* ЖЭТФ, 1980, 78, 2344.
7. *Pelzl G., Sackmann H.* Z.Phys. Chieme (Leipzig) 1973, 254, 354.
8. *Бразовский С.А., Филев В.М.* ЖЭТФ, 1978, 75, 1140.

Институт физики твердого тела  
Академии наук СССР

---

Поступила в редакцию  
27 июля 1983 г.