

**ПЕРЕНОРМИРОВКА ВОСПРИИМЧИВОСТИ  
В ИЗОТРОПНОЙ ФАЗЕ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ  
ВСЛЕДСТВИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРИЕНТАЦИОННОГО  
И ТРАНСЛЯЦИОННОГО ПАРАМЕТРОВ ПОРЯДКА**

*М.А.Анисимов, В.И.Лабко, Г.Л.Николаенко, И.К.Юдин*

Обнаружена связь характера отклонений от среднеполевого приближения для ориентационной восприимчивости изотропной фазы жидких кристаллов с существованием и близостью смектической фазы. Наблюдаемые эффекты количественно описываются теорией, учитывающей взаимодействие двух параметров порядка: ориентационного (нематического) и трансляционного (смектического).

1. В ряде экспериментальных работ <sup>1-3</sup> показано, что поведение ориентационной восприимчивости при приближении к переходу из изотропной фазы жидкого кристалла в упорядо-

ченную мезофазу (нематическую или смектическую) отличается от предсказаний среднеполюсового приближения теории Ландау — де Жена<sup>4</sup>: восприимчивость во всех случаях растет быстрее, чем  $\chi \sim (T - T^*)^{-1}$  — закон Кюри — Вейсса, где  $T^*$  — температура расходимости критических флуктуаций ориентации. Учет флуктуационных вкладов, связанных с исчезающим кубическим инвариантом в разложении Ландау — де Жена, позволяет, в принципе, объяснить эти отклонения<sup>5</sup>. Однако для жидких кристаллов, имеющих еще и смектическую мезофазу более сильным эффектом может оказаться влияние растущих вблизи перехода смектических флуктуаций. Были предложены теоретические модели<sup>6, 7</sup>, учитывающие взаимодействие ориентационного (нематического) и одномерного трансляционного (смектического) параметров порядка. Результатом является перенормировка температурной зависимости восприимчивости (параметр  $T^*$  начинает зависеть от близости к точке перехода). Перенормировка должна быть тем значительнее, чем ближе смектическая фаза расположена к изотропной. Выводы немногочисленных экспериментальных работ<sup>1-3, 5, 6</sup>, посвященных этому, противоречивы. По-видимому, это связано с недостаточной экспериментальной точностью, узким температурным диапазоном измерений, а также с трудностями сравнения результатов для жидких кристаллов, принадлежащих к различным гомологическим рядам.

2. Для исследования влияния близости смектической фазы на ориентационную восприимчивость в изотропной фазе удобно использовать смеси двух жидких кристаллов, что позволяет плавно регулировать ширину нематической зоны изменением концентрации. Ориентационная восприимчивость в изотропной фазе жидких кристаллов пропорциональна интенсивности рассеянного света<sup>4</sup>. Мы провели подробные прецизионные измерения температурной зависимости относительной интенсивности рассеянного света в смеси 4-*n*-гексилорексилбензоат (6O6NO<sub>2</sub>) — 4-*n*-гексилорексил-4-*n'*-децилорексилбензоат (6O10), а также в гомологическом ряду жидких кристаллов 4-*n*-гексилорексил-4-*n'*-*m*-орексилбензоат (6O*m*), где *m* — порядковый номер гомолога. Измерения проводились в 6O8, 6O10, 6O12 и в их смесях; кроме того в двух образцах гомологического ряда цианорексилбензоатов: 8CB и 9CB. Фазовая диаграмма смеси 6O10 / 6O6NO<sub>2</sub> приведена на рис. 1, а, фазовые диаграммы смесей 6O10/6O8 и 6O10/6O12 — на рис. 2, а<sup>1)</sup>.

Для измерений использовался автоматический фотометр, управляемый микрокомпьютером ДВК-1М<sup>8</sup>. Применялись кюветы из пирекса с внутренним диаметром ~ 10 мм. Воспроизводимость экспериментальных кривых ~ 1%. Для оценки многократного рассеяния некоторые образцы были исследованы также в кюветках с внутренним диаметром ~ 3 мм. Оказалось, что вклад многократного рассеяния не превышает погрешности эксперимента. Кюветы заполнялись веществом через мембранный фильтр (диаметр пор 0,22 мкм), затем из них откачивался воздух, и в атмосфере азота кюветы герметично закрывали тефлоновыми пробками. Температура образца измерялась платиновым термометром. Погрешность термостатирования не превышала 0,2 мК. Луч гелий-неонового лазера ( $\lambda_0 = 6328 \text{ \AA}$ ,  $P = 15 \text{ мВт}$ ) ослаблялся до ~ 0,3 мВт во избежание локального нагрева образца. Поляризация лазерного луча устанавливалась вертикальной, угол рассеяния — 90°. Измерялись как поляризованная, так и деполаризованная компоненты рассеянного света.

3. Обработка данных производилась по формуле

$$T/I = At^\gamma, \quad (1)$$

где  $I = I(90^\circ) / I(0^\circ)$  — относительная интенсивность рассеянного света,  $t = T - T^* / T^*$  — приведенная температура. Эффективный показатель  $\gamma$  характеризует кривизну температурной зависимости (в среднеполюсовом приближении  $\gamma = 1$ ). Поскольку  $\gamma$  является функцией  $t$ , мы аппроксимировали данные на двух масштабах  $t$ : а) вдали от перехода —  $0,01 < t <$

<sup>1)</sup> Интересно отметить, что тройная точка *INA* точно соответствует чистому 6O12. Этот необычный факт установлен прецизионными калориметрическими измерениями В.П.Воронова.

$< 0,1$ ; б) вблизи перехода  $-t < 0,01$ . Результаты для всех образцов приведены на рис. 1, б, 2, б. Данные по 8СВ, 9СВ проставлены при соответствующих им нематических зонах. Из сравнения рисунков 1, а с 1, б и 2, а и 2, б видно, что если вдали от перехода  $\gamma$  проявляет слабую зависимость от ширины нематической зоны при среднем значении  $\gamma \approx 0,87$ , то вблизи  $\gamma$  изменяется в соответствии с шириной нематической зоны и имеет резкий минимум вблизи тройных INA точек. Величина  $B$  на рис. 1, б характеризует "степень первородности" перехода. Видно, что оставаясь постоянной при переходе изотропная фаза — нематическая мезофаза, она резко возрастает при переходе из изотропной фазы в смектическую — А мезофазу. На наш взгляд результаты эксперимента с очевидностью доказывают существование взаимодействия флуктуаций ориентации (флуктуаций нематического порядка) и смектических флуктуаций (флуктуаций одномерной волны плотности), когда нематические зоны достаточно узки.

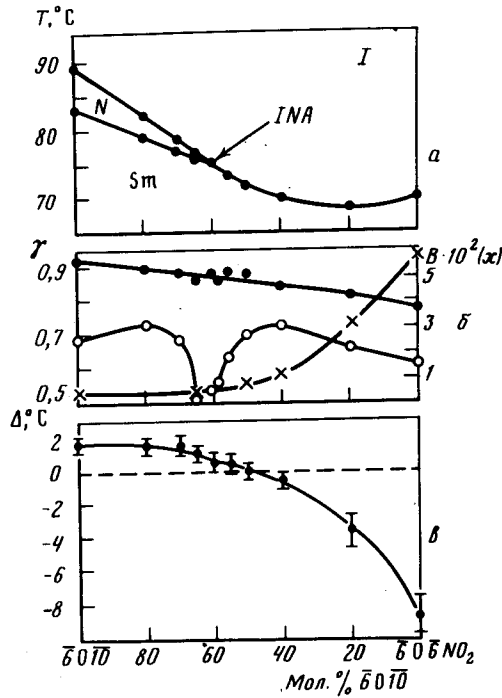


Рис. 1

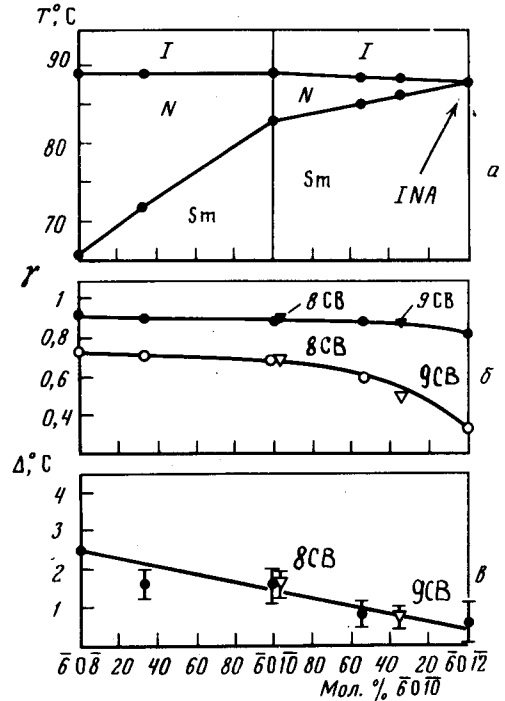


Рис. 2

Рис. 1. Результаты исследования смеси  $\bar{6}O\bar{1}0/\bar{6}O\bar{1}2$ : а — фазовая диаграмма; б — эффективная кривизна  $\gamma$  ( $\bullet$  — вдали от перехода,  $\circ$  — вблизи перехода) и "степень первородности" перехода  $B = [(T - T^*) : T^*]^\gamma$ ; в — эволюция параметра  $\Delta$  в широкой окрестности тройной INA точки

Рис. 2. Результаты исследования смесей  $\bar{6}O\bar{1}0/\bar{6}O\bar{8}$  и  $\bar{6}O\bar{1}0/\bar{6}O\bar{1}2$ : а — объединенная фазовая диаграмма; б — эффективная кривизна  $\gamma$  ( $\bullet$ ,  $\blacktriangle$  — вдали от перехода,  $\circ$ ,  $\Delta$  — вблизи перехода); параметр  $\Delta$  при приближении к тройной INA точке

Мы провели аппроксимацию наших данных моделью, непосредственно учитывающей взаимодействие ориентационного и трансляционного параметров порядка <sup>6,7</sup>. В первом приближении

$$\frac{T}{aI} = \frac{T - T_{IN}^*}{T_{IN}^*} - \frac{B_{NS}^2 T_{IN}^{*3/2}}{(T - T_{IN}^* + \Delta)^{3/2}}, \quad (2)$$

где  $T_{IN}^*$ ,  $T_{IS}^*$  — температуры расходимости соответственно нематических и смектических флуктуаций в отсутствие взаимодействия между ними,  $\Delta = T_{IN}^* - T_{IS}^*$ ,  $B_{NS}$  — константа вза-

имодействия.  $B_{NS}$  определяет величину отклонения  $\Gamma^{-1}$  от линейного закона,  $\Delta$  — кривизну вблизи перехода. Чем меньше  $\Delta$ , тем более круто возрастает вблизи перехода интенсивность рассеяния (восприимчивость). Эта формула хорошо описывает экспериментальные данные во всем температурном диапазоне. Величина параметра  $\Delta$  для исследованных образцов приведена на рис. 1, в, 2, в. Характерно, что параметр  $\Delta$  близок к нулю вблизи тройной  $INA$  точки, а для перехода в смектическую мезофазу он становится отрицательным. Это говорит о том, что  $T_{IS}^* > T_{IN}^*$  для этого перехода: трансляционный порядок стремится установиться прежде ориентационного.

В заключение мы хотим поблагодарить В.П.Воронова и В.Э.Поднека за обсуждение результатов, Б.М.Болотина за предоставление образцов, Л.М.Фабелинскую и В.В.Никитина за помощь в работе.

#### Литература

1. *Stinson T.W., Litster J.D.* Phys. Rev. Lett., 1970, 25, 503.
2. *Grambergen E.F., Longa L., de Jeu W.H.* Phys. Reports, 1986, 135, 195.
3. *Coles H.J., Strazielle C.* J. de Phys., 1979, 40, 895.
4. *Де Жен П.* Физика жидких кристаллов, М.: Мир, 1977.
5. *Аджемян Л.В., Аджемьян И.Ц., Вальков Ю.А., Зубков Л.А., Мельник И.В., Романов В.П.* ЖЭТФ, 1984, 87, 1244.
6. *Gohin A., Destrade C., Gasparoux H., Prost J.* J. de Phys., 1983, 44, 427.
7. *Анисимов М.А., Городецкий Е.Е., Поднек В.Э.* Письма в ЖЭТФ, 1983, 37, 414.
8. *Лабко В.И., Никитин В.В., Николаенко Г.Л., Олефиренко Г.И., Юдин И.К.* Тезисы VIII Всесоюзной конференции "Планирование и автоматизация эксперимента в научных исследованиях", Л., 1986.

Московский институт нефти и газа  
им. И.М.Губкина

Поступила в редакцию  
27 ноября 1986 г.