

## ЭФФЕКТ СЛАБОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРИ РАССЕЯНИИ СВЕТА В НЕОРИЕНТИРОВАННЫХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

*Д.В.Власов, Л.А.Зубков, Н.В.Орехова,  
В.П.Романов*

Впервые эффект слабой локализации экспериментально продемонстрирован для природного объекта. Показано, что использовать этот эффект можно для изучения структурных и временных параметров неориентированных жидкых нематиков. Приводятся данные экспериментальных исследований эффекта слабой локализации в неориентированных нематиках и модельных калибровочных системах.

Структурные и пространственные характеристики неориентированных жидких кристаллов до настоящего времени практически не изучались по ряду причин. Прежде всего теплофизические методы, такие, например, как измерение теплоемкости<sup>1</sup> не годятся поскольку не чувствительны к степени ориентации образца. Стандартные оптические методы в этом случае неприменимы, поскольку неориентированные нематики представляют собой сильно рассеивающие среды с коэффициентом экстинкции порядка  $\sim 10^4 \text{ см}^{-1}$ . Специфика сильного светорассеяния обусловлена пространственной структурой нематика и величиной локальной анизотропии показателя преломления, которая растет по мере удаления от точки фазового перехода.

В последнее время большой интерес проявляется к исследованию эффекта слабой локализации<sup>2–5</sup>, позволяющего в принципе получать новую информацию о сильно рассеивающих средах. Экспериментально он заключается в том, что в индикаторе рассеяния строго под углом  $180^\circ$  возникает резкий пик. Физический механизм возникновения указанного пика или эффекта слабой локализации при многократном рассеянии назад обусловлен обратимостью трасс пробега фотонов в среде, и возникновением попарно когерентных составляющих в рассеянном поле<sup>2–6</sup>.

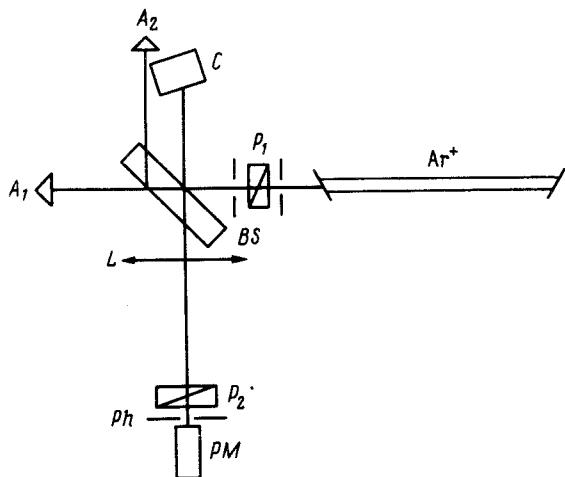


Рис. 1. *C* – кювета, *BS* – светоделильная пластина, *L* – линза ( $\phi = 50 \text{ см}$ ), *P*<sub>1</sub>, *P*<sub>2</sub> – поляризаторы, *PM* – фотоумножитель, *A*<sub>1</sub>, *A*<sub>2</sub> – светопоглощающие ячейки, *Ph* – круглая диафрагма ( $\phi = 0,2 \text{ мм}$ )

В настоящей работе эффект слабой локализации применен для изучения структуры неориентированных жидкых нематиков. Измерения проводились на установке изображенной на рис. 1.

Корректная постановка экспериментов по исследованию эффекта слабой локализации предполагает анализ и подавление помех, связанных с диффузным отражением и рассеянием

от всех оптических элементов установки, а также ряд других калибровочных экспериментов. В контрольных экспериментах мы использовали концентрированный раствор акварельной черной краски, которой заполнялась рассеивающая ячейка  $C$  с коэффициентом поглощения порядка  $10^4 - 10^5 \text{ см}^{-1}$ . Использование пустой или наполненной обычной жидкостью кюветы в качестве проверочной невозможна из-за сильного диффузного отражения на заднем окне прямоугольной кюветы. В нашей установке паразитная засветка на  $\theta = 180^\circ$  не превышала 2%. Второй луч, отраженный от толстой плоскокораллельной делительной пластины  $BS$  (см. рис. 1) использовался для точной юстировки всей установки. Точность отсчетов измерения интенсивности в области углов  $\theta \sim 180^\circ$  была около 2%.

Для контроля достоверности получаемых результатов был проведен ряд измерений в водных растворах латексов из полистирола с диаметром 0,5, 1,02 и 2,55 мкм. Результаты измерений для частиц с размером до 1 мкм совпали с полученными в<sup>2,3</sup> как по относительной интенсивности пика, так и по его зависимости от угла рассеяния и поляризации.

Интересно отметить, что сильный эффект сохраняется и для рассеивателей с вытянутой вперед индикаторной, для которых само существование эффекта заранее не очевидно. В наших экспериментах, для латекса с диаметром частиц 2,55 мкм эффект слабой локализации устойчиво регистрировался в диапазоне концентраций от 15% до 0,5%. Результаты измерений представлены на рис. 2. Заметим, что при фиксированном времени измерений, порядка 5 с дисперсия измеряемой интенсивности вблизи центра пика была заметно больше, чем для латексов меньшего размера, и достигала 10–15%, что позволяет оценить характерные времена флуктуаций распределения интенсивности эффекта слабой локализации. В частности, дисперсия флуктуаций пика хорошо коррелирует с оценкой времени перестройки спектральной структуры рассеянного поля  $\tau = \lambda^2/D = 2,5$  с, где  $\lambda^2$  – длина волны света,  $D$  – коэффициент самодиффузии частиц латекса.

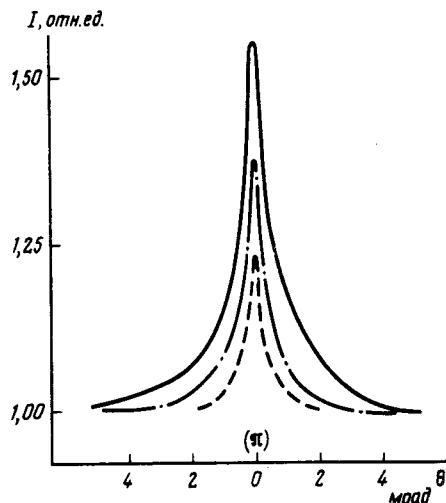


Рис. 2. Угловая зависимость интенсивности рассеяния в области  $\theta \sim 180^\circ$  для раствора латекса  $\phi 2,55 \text{ мкм}$ : сплошная линия – объемная концентрация латекса  $c \approx 15\%$ ; штрих-пунктир  $c \approx 5\%$  и пунктир  $c \approx 1,5\%$

По методике, проверенной в описанных выше контрольных экспериментах, были проведены исследования двух жидких кристаллов БМОАБ и смеси МББА + ЭББА в зависимости от температуры вблизи точки перехода образцов в жидкую fazу.

В обоих образцах в поляризованной компоненте отчетливо наблюдался пик обратного рассеяния. По мере удаления от точки перехода было зарегистрировано незначительное возрастание относительной интенсивности центрального пика, которое качественно согласуется

с ходом величины оптической анизотропии  $n_0 - n_e$ . Как видно из рис. 3, относительная высота пика в БМОАБ превышает соответствующую величину в смеси МББА + ЭББА, что также можно объяснить различием в величинах  $n_0 - n_e$ .

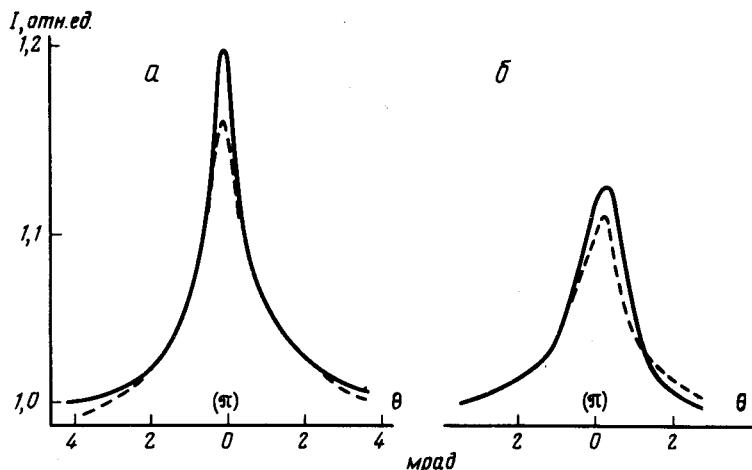


Рис. 3. Угловая зависимость интенсивности рассеяния в области  $\theta \sim 180^\circ$  для неориентированных нематических жидкких кристаллов: *a* – БМОАБ  $T_c = 72^\circ\text{C}$  – сплошная линия  $T^0 = 41^\circ\text{C}$ , пунктирная  $T^0 = 58^\circ\text{C}$ ; *б* – смесь МББА + ЭББА  $T_c = 57,7^\circ\text{C}$ , сплошная линия  $43,5^\circ\text{C}$ , пунктирная  $56,5^\circ\text{C}$

Поскольку строгая теория эффекта слабой локализации существует только для частиц с круговой индикаторной рассеяния<sup>6</sup>, количественную интерпретацию результатов экспериментов с жидкими кристаллами провести не удается. Однако сопоставление характеристик эффекта слабой локализации в неориентированных жидких нематиках с аналогичными данными по латексам показывает, что области преимущественной ориентации имеют характеренный размер порядка нескольких микрон и различаются для конкретных образцов. Заметной дисперсии отсчетов интенсивности в пике обратного рассеяния в образцах не наблюдалась, что не позволяет сделать оценку снизу характерных времен перестройки пространственной структуры.

В заключение авторы выражают благодарность Л.А. Апресяну, за ряд полезных замечаний и обсуждений материала статьи.

#### Литература

1. Анисимов М.А. Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах. М.: Наука, 1987.
2. Wolf P.E., Maret G. Phys. Rev. Lett., 1985, **55**, 2629.
3. Van Albada M.P., Lagendijk A. Phys. Rev. Lett., 1985, **55**, 2696.
4. Etemad S., Thompson R., Andrejco M.J. Phys. Rev. Lett., 1986, **57**, 575.
5. Дворников Д.П., Чайковский П.Л. Письма в ЖЭТФ, 1987, **46**, 348.
6. Stephen M.J., Cwilich G. Phys. Rev., 1986, **B34**, 1986.

Институт общей физики  
Академии наук СССР

Научно-исследовательский институт физики  
государственного университета им. А.А.Жданова

Поступила в редакцию  
23 мая 1988 г.