

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЭФФЕКТЫ В ЖИДКОЙ БИНАРНОЙ СМЕСИ ВБЛИЗИ ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Г.М.Драбкин, В.В.Кликбин, А.И.Сибилев

Теоретическое и экспериментальное исследование фазовых переходов идет по пути изучения корреляционных функций, т. е. изучения вероятностей распределения относительных координат и импульсов движения частиц.

Наиболее ценная информация о корреляционных функциях получается из опытов по рассеянию нейтронов и фотонов рентгеновского и светового диапазонов. В опытах подобного рода изучается угловое и энергетическое распределение отдельных рассеянных нейтронов и фотонов, не связанных между собой какими-либо фазовыми соотношениями. Однако с созданием оптических квантовых генераторов, излучение которых состоит из фотонов, когерентным образом связанных между собой определенными фазовыми соотношениями, представляется возможной и другая постановка задачи, в которой исследуется изменение когерентных свойств света, прошедшего через образец. При этом изучается не изменение спектрального состава рассеянного света или угловая зависимость его интенсивности, а изменение фазовых соотношений в рассеянном поле в двух разделенных в пространстве точках в зависимости от расстояния между ними. Такой подход к исследованию корреляционных функций представляется наиболее плодотворным при исследовании фазовых переходов второго рода. В этом случае изменение когерентности рассеянного света можно прямым образом связать с радиусом корреляции или размером флюктуаций, возникающих в точке фазового перехода [1].

В настоящей работе впервые экспериментально показана чувствительность корреляционных эффектов при малоугловом рассеянии когерентного света в жидкой фазе к изменению дисперсности системы в условиях фазового перехода. Выявлены характерные особенности этого явления по сравнению с рассеянием на системе некоррелирующих центров.

Нами исследовалась смесь триэтиламина с водой при концентрации 42,2 вес.% триэтиламина. Смесь имела нижнюю критическую температуру расслоения T_c равную 17,84° С. Температура расслоения определялась по исчезновению мениска. Использованная система стабилизации позволяла менять температуру образца с шагом 0,0025° и поддерживать ее с точностью ± 0,002 в течение длительного времени. Точность измерения относительной температуры ± 0,0005° С. Мы измеряли когерентность поля прошедшего через тонкий (2 мм) слой опалесцирующей смеси и рассеянного на малые углы. Причем прямой и рассеянный свет налагались друг на друга, а их относительная интенсивность изменялась в зависимости от приближения к критической температуре. Для измерения модуля пространственной когерентности (y_{12}) рассеянного света был сконструирован интерферометр Юнга с оптическим квантовым генератором в качестве источника света [2]. Апертурное разрешение интерферометра составляло 12 сек при изменении апертуры наблюдения от 17 сек до 5 мин. Апертура засвечиваемой зоны образца (по уровню 0,1 распределения интенсивности в попечном сечении пучка в зоне образца) по отношению к экрану с отверстиями составляла 4 мин.

На рис. 1 показана зависимость степени пространственной когерентности от температуры при приближении температуры к критической. Видно, что с уменьшением ΔT пространственная когерентность вначале плавно уменьшается, а затем резко возрастает. С увеличением расстояния между отверстиями

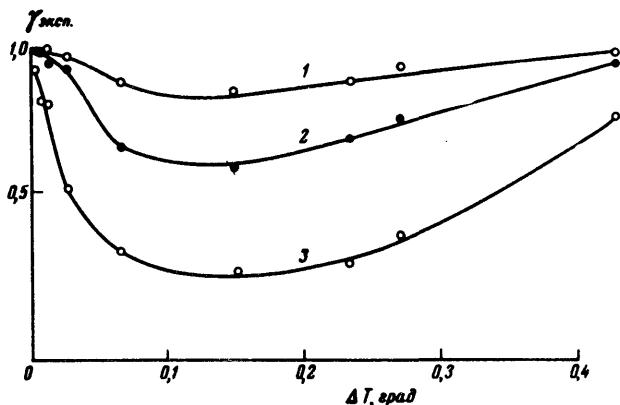


Рис. 1

в интерферометре Юнга ρ_{12} ($1 - \rho_{12} = 1,8 \text{ мм}$; $2 - \rho_{12} = 2,2 \text{ мм}$; $3 - \rho_{12} = 3,8 \text{ мм}$), что эквивалентно также рассеянию на большие углы, этот эффект усиливается.

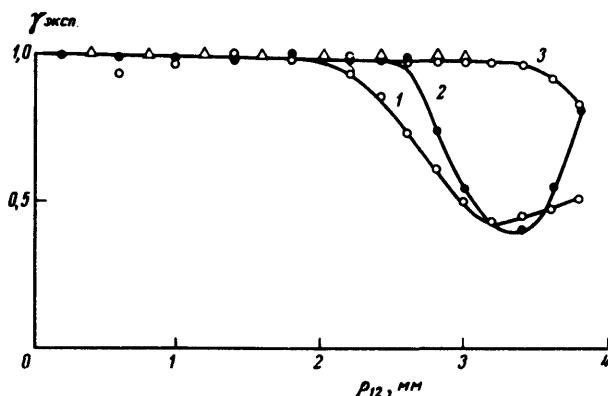


Рис. 2

Такой ход кривых $Y_{\text{эксп.}}$ объясняется присутствием возбуждающего света с высокой когерентностью в изучаемом поле из-за того, что исследуется рассеяние под малыми углами. При больших ΔT рассеяние мало, а доля нерассеянного света велика, поэтому пространственная когерентность высокая. Затем по мере приближения температуры к критической растет вклад рассеянного света в изучаемом поле и, так как когерентность рассеяния света при больших ΔT низкая из-за слабой корреляции рассеивающих центров, то степень пространственной когерентности начинает уменьшаться. При приближении к критической температуре сильно возрастает интенсивность рассеянного света и он начинает преобладать в исследуемом поле, но при этом также растет корреляция между рассеивающими центрами и замедляются процессы рассасывания флюктуаций, что приводит к значительному увеличению степени пространственной когерентности рассеянного света.

На рис. 2 дана зависимость степени пространственной когерентности $\gamma_{\text{эксп}}$ света, взаимодействовавшего с исследуемой жидкостью, от расстояния r_{12} для ΔT : 1 - $0,027^\circ$; 2 - $0,013^\circ$; 3 - $0,008^\circ$. Видно, что с уменьшением ΔT увеличивается $\gamma_{\text{эксп}}$ при фиксированном r_{12} , а минимум кривых сдвигается в сторону больших углов рассеяния (больших r_{12}). Такое поведение $\gamma_{\text{эксп}}$ от r_{12} качественно совпадает с предсказаниями [1], но для количественного рассмотрения требует расчетов применительно к условиям данного эксперимента.

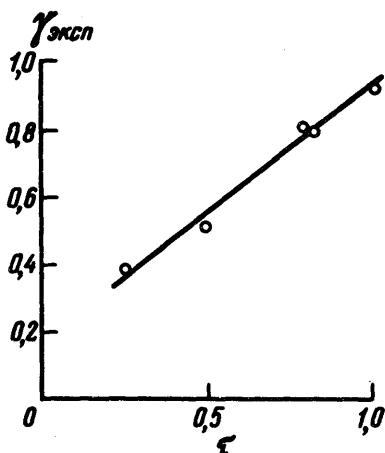


Рис. 3

Рис. 3 демонстрирует увеличение $\gamma_{\text{эксп}}$ с увеличением оптической толщины образца r , при неизменной толщине слоя, т. е. с увеличением многократного рассеяния для $r_{12} = 3,8 \text{ м.м.}$ Такая зависимость $\gamma_{\text{эксп}}$ от r может быть объяснена возрастанием корреляции флуктуаций с приближением к критической точке [1] и качественно противоположна зависимости $\gamma(r)$ при малоугловом рассеянии когерентного света на системе независимых рассеивателей [3].

В заключение мы считаем своим приятным долгом поблагодарить Д.М.Каминкера за поддержку проведенных работ, В.А.Степанова за плодотворное участие в подготовке последней части работы, Г.Б.Розенберга, Ю.Б.Петрова, Л.В.Попову за полезные обсуждения, М.И.Трухина за помощь и консультации по сенситометрическим измерениям, Т.Г.Брагинскую, А.Д.Селедцову и Т.Смирнову за помощь в проведении измерений и обработке экспериментальных данных.

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
26 октября 1970 г.

Литература

- [1] F.Gori, D.Sette. Phys. Rev. Lett., 17, 361, 1966.
- [2] Б.Ш.Басина, Е.Б.Клюбин, А.И.Сибилев, В.А.Степанов. Электронная техника, серия 3, Газоразрядные приборы, 4 - 40, 1968.
- [3] А.Я.Хайруллина. ЖПС, 11, 1, 92, 1969.