

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЕКТРОСТРИКЦИИ В РАСТВОРЕ С ОСОБОЙ ТОЧКОЙ β -ПИКОЛИН – ВОДА

Н.П.Андреева, Л.М.Сабиров

*Самаркандский государственный университет
703061 Самарканд, Узбекистан*

Поступила в редакцию 24 января 1994 г.

Исследовано вынужденное рассеяние Мандельштама–Бриллюэна (ВРМБ) в растворе с особой точкой β -пиколин-вода и определено температурное поведение коэффициента электрострикции. Обнаружено скачкообразное изменение его величины в области особой точки.

Для некоторых водных растворов неэлектролитов при определенной концентрации и температуре наблюдается состояние неустойчивого термодинамического равновесия – вторая производная их молярного термодинамического потенциала близка к нулю. Для раствора β -пиколин–вода этому состоянию (так называемая особая точка) соответствует концентрация 0,06 молярных доли β -пиколина и температура 69°С [1]. Считается, что при этой концентрации и температуре раствор ближе всего отстоит от критической точки расслаивания. По этой причине восприимчивость системы должна отличаться от обычных растворов. Действительно, при ВРМБ в растворе β -пиколин-вода наблюдалось немонотонное возрастание интенсивности вынужденного рассеяния [2].

В настоящей статье приведены результаты определения температурной зависимости коэффициента электрострикции $Y = \rho(\partial\epsilon/\partial\rho)$ (здесь ρ – плотность, а ϵ – диэлектрическая проницаемость среды) по данным измерения порогов возбуждения и коэффициентов отражения ВРМБ в растворе с особой точкой β -пиколин-вода.

ВРМБ возбуждалось излучением второй гармоники неодимового лазера, работающего в одномодовом режиме с длительностью импульса 20 нс. Лазерное излучение фокусировалось в центр термостатируемой кюветы с раствором. Точность термостатирования составляла 0,1°С. Были проведены температурные исследования порога возбуждения $E_{\text{пор}}$ и зависимости коэффициентов отражения R от интенсивности лазерного излучения. Измерения проводились в температурном интервале 20 – 86°С.

На рис.1 приведены температурные зависимости коэффициента отражения R в режиме насыщения и нормированных значений порога ВРМБ $k = E_{\text{пор}}/E_{\text{пор}}^{20}$. Нормировка проводилась на значение величины порога $E_{\text{пор}}^{20}$, полученное при температуре раствора 20°С. Как видно, наблюдается немонотонное увеличение коэффициента отражения в режиме насыщения и снижение порога ВРМБ с ростом температуры раствора.

Вблизи порога возбуждения интенсивность $I_{\text{МБ}}$ ВРМБ излучения определяется выражением [3]:

$$I_{\text{МБ}} = I(0) \exp(GIz). \quad (1)$$

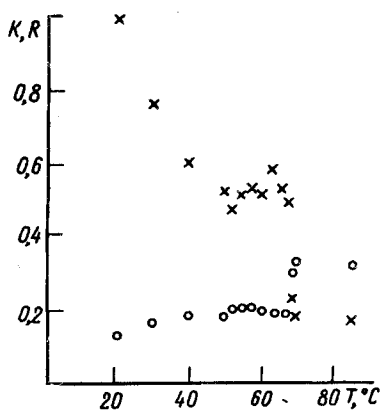


Рис.1. Зависимости коэффициентов отражения $R(o)$ в режиме насыщения и пороговой энергии ВРМБ $K(x)$ от температуры раствора

Здесь $I(0)$ – интенсивность спонтанного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна, I – интенсивность лазерного излучения в каустике, z – длина нелинейного взаимодействия, за которую принята длина каустики сфокусированного в квету лазерного излучения. В соответствии с постоянной геометрией эксперимента и выражением (1) полученные экспериментально зависимости $E_{\text{пор}}$ и R от температуры свидетельствуют о температурной зависимости коэффициента усиления G . Величина G , температурная зависимость которой приведена на рис.2, для различных температур раствора определялась по формуле (1) исходя из условий фокусировки гауссова пучка линзой с фокусным расстоянием 10 см и $I(0) = 10^{-11}$. Здесь, как и на рис. 1 приведены нормированные на значение G для 20°C величины. Как видно, изменение G с увеличением температуры имеет довольно сложный характер.

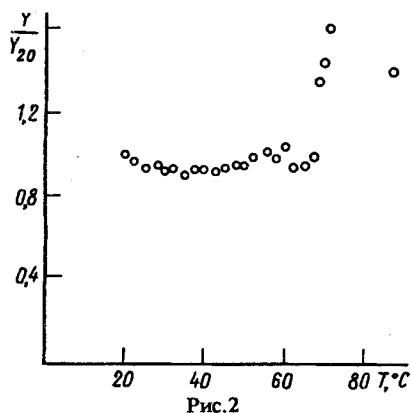


Рис.2

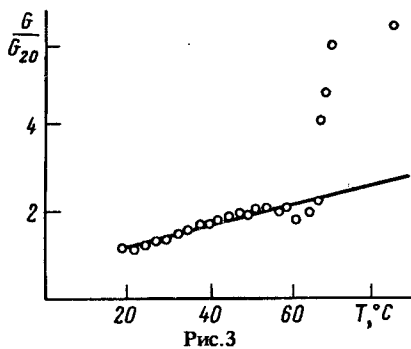


Рис.3

Рис.2. Температурная зависимость коэффициента усиления ВРМБ в растворе β -пиколин-вода: \bullet – экспериментальные данные, — – расчетные данные

Рис.3. Температурная зависимость, коэффициента электрострикции в растворе β -пиколин-вода

В области стоксова резонанса значение константы G определяется выражением [3]:

$$G = Y^2 \omega^3 / \Omega \Gamma c^4 \rho. \quad (2)$$

Здесь Ω – сдвиг частоты и Γ – полуширина мандельштам–бриллюэновского максимума; c – скорость света; ω – частота лазерного излучения. Это соотношение было использовано для расчета $G(t)$ с использованием значений Γ , Ω и ρ из работы [4]. Полученная зависимость представлена на рис.2 в виде сплошной линии. Сравнение экспериментальных и расчетных значений показывает, что в интервале температур от 20 до 67,5°C результаты эксперимента совпадают с вычисленными значениями, то есть определяются величинами Ω , Γ и ρ . В области же особой точки раствора и выше наблюдается расхождение значений \sim в 2,5 раза.

В соответствии с выражением (2) единственным параметром, определяющим экспериментальную зависимость $G_{\text{экс}}$ в области особой точки является коэффициент электрострикции, относительные значения которого были рассчитаны по экспериментальным данным в соответствии с формулой (2).

Определение численных значений Y в гипер акустическом диапазоне является довольно сложной задачей, связанной с экстраполяцией данных, полученных для ультразвукового излучения [5]. Используемый в данной работе метод определения не позволяет с большой точностью рассчитать Y , что связано с приближенными значениями таких параметров как z и $I(0)$. Определение точных значений Y для исследуемых сред, по-видимому, связано с использованием обоих методов, описанного в данной работе и в [5].

Как видно из рис.3 в области особой точки наблюдается скачкообразное увеличение значений Y в 1,4–1,6 раза по сравнению со значениями, полученными в температурном интервале 20 – 67,5°C.

Наблюдаемое поведение Y в области особой точки и выше, по-видимому, связано с теми же процессами, которые приводят к появлению узкого максимума интенсивности светорассеяния [1] и минимуму коэффициента диффузии [6]. Природа этих процессов в настоящее время изучается.

Таким образом, проведенные исследования температурной зависимости порогов и коэффициентов отражения при ВРМБ в растворе β -пиколин-вода свидетельствуют о скачкообразном увеличении значений коэффициента электрострикции в области особой точки раствора. Так как кубическая нелинейная восприимчивость, описывающая процесс ВРМБ с точностью до постоянного множителя пропорциональна квадрату коэффициента электрострикции, то в температурной области, когда раствор находится на границе термодинамической неустойчивости, процесс вынужденного рассеяния Мандельштама–Бриллюэна претерпевает существенные изменения, которые проявляются в виде сильного уменьшения порога возбуждения.

1. В.Е.Эскин, А.Е.Нестеров, ДАН СССР 152, 403 (1962).
2. М.И.Давыдов, К.Ф.Шипилов, Кратк. сообщ. по физике 8, 36 (1989).
3. Б.Я.Зельдович, Н.Ф.Пилипецкий, В.В.Шкунов, Обращение волнового фронта. М.: Наука, 1985.
4. А.К.Атаходжаев, Л.М.Кашаева, Э.Исмаилов и др., Докл. АН УзССР 5, 30 (1985).
5. И.Л.Фабелинский, Молекулярное рассеяние света. М.: Наука, 1965.
6. Л.Л.Чайков, Письма в ЖЭТФ 34, 215 (1981).