

ВЫНУЖДЕННОЕ КОНЦЕНТРАЦИОННОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В РАССЛАИВАЮЩИХСЯ РАСТВОРАХ

М. А. Давыдов, К. Ф. Шупилов

Вблизи температуры фазового перехода в водных растворах диметилпиридинов (2,6- и 3,4-лутидинов) обнаружена линия вынужденного рассеяния, не имеющая частотного сдвига относительно линии генерации лазера (в пределах точности регистрации $\cong 0,003 \text{ см}^{-1}$). Данное рассеяние интерпретировано как вынужденное концентрационное.

В расслаивающихся растворах, как и в других конденсированных средах, наблюдались и исследованы практически все виды вынужденного рассеяния (ВР) света, кроме присущего именно растворам вынужденного концентрационного рассеяния (ВКОР). Известно, что этот вид рассеяния должен обладать небольшим, по сравнению например с ВРМБ, инкрементом. На данное обстоятельство обращено внимание в ¹, где сделаны оценки коэффициентов уси-

ления для стационарных режимов возбуждения ВРМБ и ВКОР в различных средах;

$$\frac{g_c}{g_B} = \frac{k v_s \eta_T (\partial \epsilon / \partial c)_{P,T}^2}{2 \rho_0^3 (\partial \epsilon / \partial \rho)_{c,T}^2 (\partial \mu / \partial c)_{P,T}} \quad (1)$$

где k – волновое число, v_s – скорость гиперзвука, ρ_0 – плотность, μ – химический потенциал, ϵ – диэлектрическая проницаемость, c – концентрация, η_T – изотермическая вязкость.

В настоящей работе представлены результаты исследования ВР в расслаивающихся водных растворах. Были избраны растворы 2,6- и 3,4-лутидинов критической концентрации, а также раствор β -пиколина, имеющий "особую" точку^{2,3}. Раствор 2,6-лутидина имел изменяющуюся с температурой значительную величину поглощения света. При 20 °С величина поглощения на длине волны возбуждающего излучения $\alpha \approx 0,0261 \text{ см}^{-1}$. В двух других растворах поглощение было менее $0,005 \text{ см}^{-1}$. Подставляя в (1) полученную в⁴ для раствора нитрометан-амиловый спирт величину $\partial \mu / \partial c \approx 10^6 \text{ см}^2 \text{ с}^{-2}$ и измеренную нами с помощью рефрактометра Аббе величину $\partial n / \partial c \approx 3 \cdot 10^{-3}$, получим $g_c / g_B \approx 0,25$ откуда можно предположить развитие ВКОР в растворе вблизи его температуры расслоения.

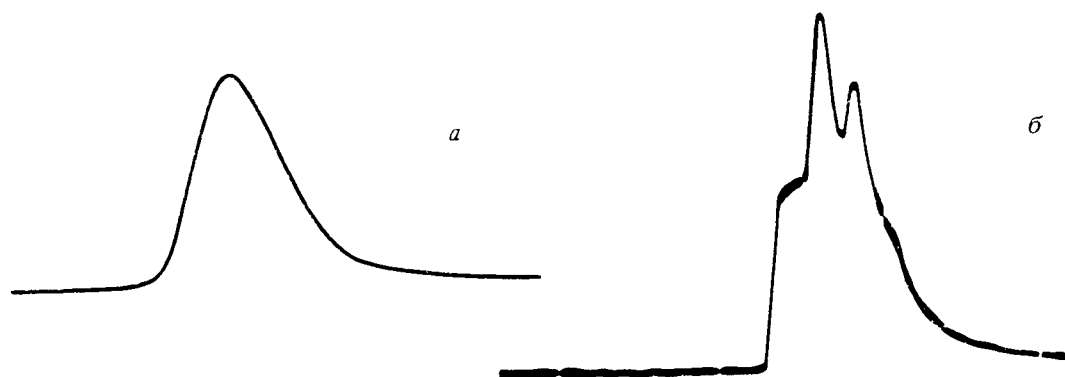


Рис. 1

Осциллограммы излучения ВР (развертка 20 нс/дел.): а – раствор β -пиколина; в спектре присутствует только линия ВРМБ; б – раствор 3,4-лутидина; в спектре присутствуют линии ВРМБ и несмещенная ($t_p = 16,5^\circ \text{C}$)

Для возбуждения ВР использовано излучение второй гармоники одночастотного лазера на ИАГ с Nd^{3+} (длина волны излучения $\lambda = 0,532 \text{ нм}$, длительность импульса, измеренная на полувысоте, $\tau \approx 20 \text{ нс}$, максимальная энергия $E \approx 5 \text{ мДж}$, ширина линии генерации $\delta \nu \approx 0,003 \text{ см}^{-1}$). Лазерное излучение с гладким пространственным распределением фокусировалось сферической линзой ($f = 20 \text{ см}$) в термостабилизированную кварцевую кювету с исследуемой жидкостью. Точность стабилизации температуры $\Delta T \approx 0,1^\circ \text{C}$. Спектральный состав излучения накачки и света ВР, распространяющегося навстречу накачке, анализировался с помощью интерферометров Фабри–Перо (ИФП) с областями дисперсии 0,5; 0,25; $0,033 \text{ см}^{-1}$. Временной характер процессов регистрировался фотодиодами ЛФД-2А, сигнал с которых поступал на осциллограф С7-19. В процессе эксперимента контролировалось отсутствие оптического пробоя жидкости в фокусе линзы.

Установлено, что в растворе β -пиколина при энергиях лазерного излучения до 5 мДж временной (рис. 1, а) и спектральный характер излучения ВР не имел особенностей по сравнению с ВР в чистых жидкостях (мы не обсуждаем здесь тонкую структуру линий ВР^{5,6}), как при 20 °С так и при температуре $\approx 70^\circ \text{C}$, являющейся температурой "особой" точки.

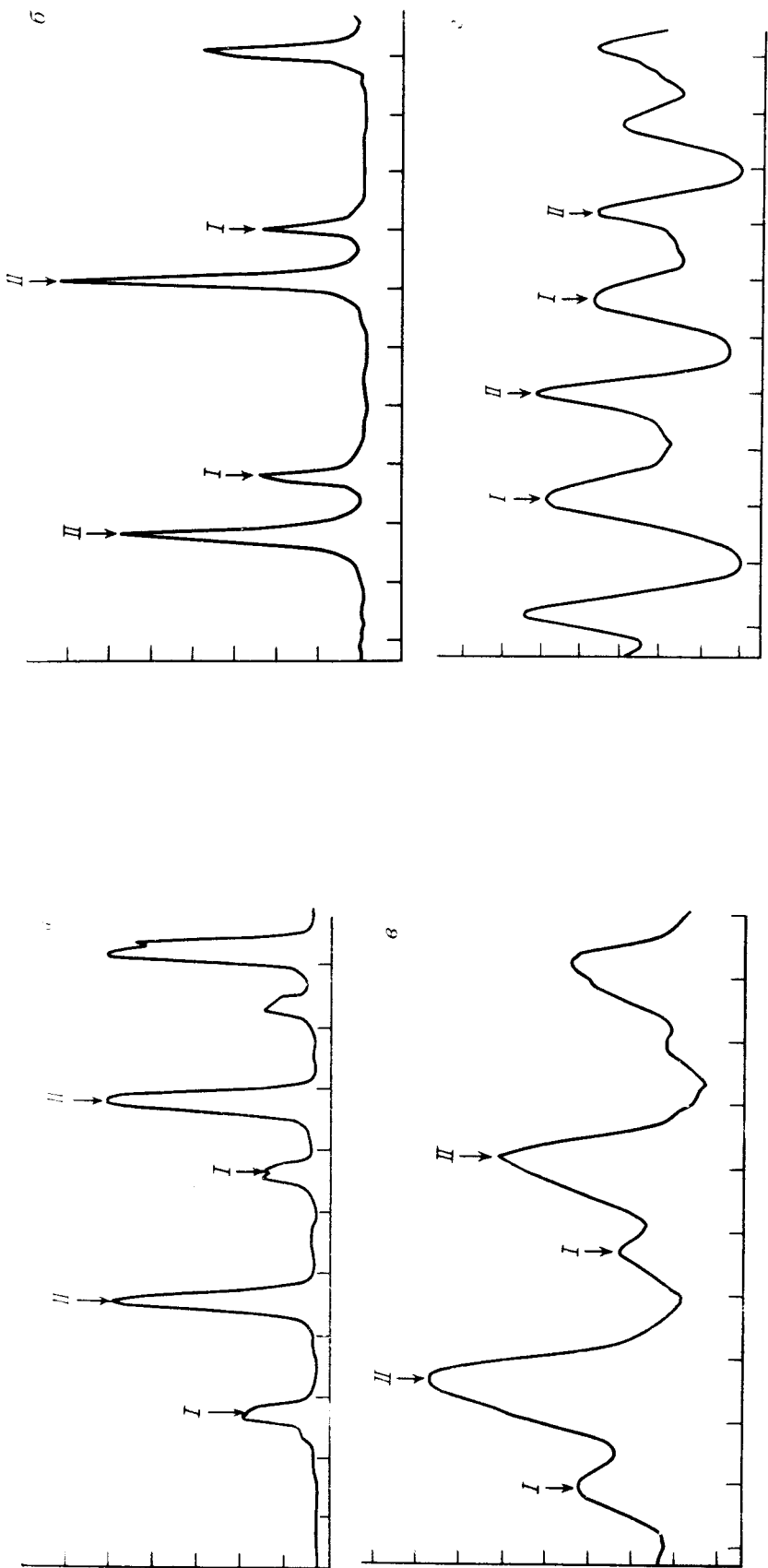


Рис. 2. Денитограммы спектров ВР в растворе 3,4-дутьидина вблизи критической точки ($t_p = 16,5^{\circ}\text{C}$). I — центральная линия, II — линия ВРМБ: а — область дисперсии ИФП $0,5\text{ см}^{-1}$, сдвиг ВРМБ $\Delta\nu \approx 0,19\text{ см}^{-1}$; б — область дисперсии ИФП $0,25\text{ см}^{-1}$, сдвиг ВРМБ $\Delta\nu \approx 0,19\text{ см}^{-1}$; в — область дисперсии ИФП $0,033\text{ см}^{-1}$; г — область дисперсии ИФП $0,033\text{ см}^{-1}$, здесь I — центральная линия и линия накачки; на рисунках в) и г) расстояние между линиями I и II равно $\approx 0,017\text{ см}^{-1}$

Процесс ВР в растворе 3,4-лутидина исследован при температурах 10; 16,5; 50 °С, т.е. вблизи от нижней точки расслоения $T_k \approx 12,5$ °С и вдали от нее. При 50 °С излучение ВР в этом растворе не имело особенностей. В окрестности точки расслоения (причем как ниже, так и выше ее по температуре) в спектре ВР, наряду с линией ВРМБ, обнаружена линия излучения на несмещенной (с точностью до $0,003 \text{ см}^{-1}$) частоте относительно излучения накачки (рис. 2, а-г).

Величина пороговой энергии излучения накачки, необходимая для обнаружения несмещенной линии ВР, составляла около $0,5 \div 1$ мДж. Осциллограмма рис. 1, б характерна для случая, когда в среде конкурируют два механизма вынужденного рассеяния. Подобный временной характер наблюдался ранее (например ⁵) при возбуждении ВРМБ и ВТР-II в однородных жидкостях.

В растворе 2,6-лутидина вблизи критической точки (при 27,5 и 32 °С) также наблюдались линии ВРМБ и ВР на несмещенной частоте и, кроме того, линия ВТР-II, смещенная в антистоксову сторону от частоты накачки на величину $\Delta\nu \approx 0,01 \text{ см}^{-1}$. Временное развитие процессов ВР в растворе 2,6-лутидина аналогично представленному на рис. 1, б, но имеет меньшую глубину модуляции, что обусловлено, по-видимому, процессом ВТР-II. Процесс ВТР-I, который должен иметь стоксов сдвиг частоты относительно линии накачки, не был зарегистрирован ни в одном из исследованных растворов.

Таким образом, в этих растворах, вблизи точек расслаивания, наблюдалось вынужденное рассеяние на несмещенной относительно накачки частоте, которое можно интерпретировать как вынужденное концентрационное рассеяние, развивающееся на фоне процессов ВРМБ и ВТР-II.

Литература

1. *Bloembergen N., Lowdermilk W.H., Matsumoto M., Wang C.S.* Phys. Rev. A, 1974, 3, 404.
2. *Cox J.D., Herington E.F.G.* Trans. Faraday Soc., 1956, 52, 926.
3. *Эскин В.Е.* Рассеяние света растворами полимеров и свойства макромолекул. Л.: "Наука", 1986.
4. *Labowski M., Hornowski T.* Arch. Acoust., 1986, 31, 313.
5. *Белоусов В.Н., Большов Л.А., Ковальский Н.Г., Низиенко Ю.К.* ЖЭТФ, 1980, 79, 2119.
6. *Давыдов М.А., Шипилов К.Ф.* КСФ, 1989, 8, 36.

Институт общей физики
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 мая 1990 г.