

## ВЫНУЖДЕННОЕ ТЕМПЕРАТУРНОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЖИДКОСТЯХ

*Г.И.Зайцев, Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский*

Спектр теплового молекулярного рассеяния света в жидкостях состоит [1] из компонент Манделъштама-Бриллюэна (рассеяние на флуктуациях давления), центральной компоненты (рассеяние на флуктуациях энтропии или температуры) и крыла линии Релея (рассеяние на флуктуациях анизотропии). Уже были наблюдаемы и изучались вынужденное рассеяние Манделъштама-Бриллюэна [1,2] (ВРМБ), вынужденное рассеяние света в крыле линии Релея [3,4].

В этой статье сообщается о наблюдении нового нелинейного явления — вынужденного температурного (энтропийного) рассеяния света (ВТР).

Явление состоит в том, что при взаимодействии со средой интенсивного возбуждающего света гигантского импульса лазера и слабого, первоначально теплового, рассеяния на флуктуациях энтропии возникают интенсивные температурные волны. Взаимодействие этих волн с возбуждающим и рассеянным светом приводит к перекачке энергии из возбуждающего света в рассеянный и температурную волну.

При рассеянии под не слишком малыми углами, когда четырехфотонное взаимодействие (взаимодействие двух фотонов возбуждающего света, стоксового и антистоксового фотонов в нелинейной среде) не существенно, в спектре рассеянного света должна усиливаться только стоксовая часть с максимумом усиления на частоте, соответствующей половине полуширины центральной линии тонкой структуры теплового рассеяния:

$$\Omega_{\max} = \frac{\delta \omega_c}{2} = \frac{1}{2} \bar{q}^2 \chi, \text{ где } \bar{q} = \vec{k}_0 - \vec{k}_1,$$

$\vec{k}_0$  и  $\vec{k}_1$  — волновые векторы возбуждающего и рассеянного света, соответственно,  $\delta \omega_c$  — полуширина центральной компоненты теплового рассеяния,  $\chi$  — коэффициент температуропроводности.

Для стоксового ВТР коэффициент усиления равен\*

$$g_T(\Omega) = -2k_\omega + B_T |\vec{k}_1| \frac{\Omega / \Omega_{\max}}{1 + \Omega^2 / \Omega_{\max}^2}, \quad (1)$$

где  $2k_{\omega}$  — коэффициент поглощения света,  $V_T$  — постоянная для данной среды, тем большая, чем больше  $|(\partial\epsilon/\partial T)_p|$ ,  $\Omega$  — циклическая частота, отсчитываемая от частоты возбуждающего света.

Максимум стоксового ВТР для жидкости отличается от частоты возбуждающего света на величину  $\sim 10^{-3} + 10^{-4} \text{ см}^{-1}$ , поэтому установить такое изменение частоты можно было бы методом гетеродинирования света. При этом возбуждающая линия должна иметь полуширину  $\sim 10^{-4} + 10^{-5} \text{ см}^{-1}$ . Такой опыт мы пока не осуществили и пошли по другому пути.

Мы производили одновременное фотографирование спектра вынужденного рассеяния света под углом рассеяния  $180^\circ$  ( $0^\circ$ ) и под углом  $90^\circ$ . В качестве жидкостей для исследования были выбраны вода, метанол и бензол. В воде ВТР не должно наблюдаться, потому что для воды  $\gamma = c_p/c_v \approx 1$  ( $c_p, c_v$  — теплоемкости при постоянном давлении и объеме, соответственно) и центральная компонента практически отсутствует в тепловом рассеянии. Напротив, в бензоле центральная компонента очень интенсивна,  $|(\partial\epsilon/\partial T)_p|$  велико, и в этой жидкости можно ожидать ВТР. Метанол является промежуточным случаем между водой и бензолом.

В работе использовался рубиновый лазер [3, 4] мощностью 90 Вт. Свет в кювету с исследуемой жидкостью фокусировался линзой ( $f = 2,5 \text{ см}$ ). Были приняты меры против попадания паразитного света в оптическую установку с интерферометром Фабри-Перо, регистрирующую рассеянный свет под углом рассеяния  $90^\circ$ .

При рассеянии света в воде под углом рассеяния  $90^\circ$  на интерферограммах центральная компонента отсутствует\*\*.

В бензоле центральная компонента наблюдалась при рассеянии света под углом  $90^\circ$ , причем интенсивность ее уменьшалась нелинейно при ослаблении интенсивности возбуждающего света.

На рисунке (см. вкл.) видны несмещенные и смещенные линии тонкой структуры в бензоле. Хотя наблюдение производилось под углом рассеяния  $\theta = 90^\circ$ , расстояние между компонентами соответствует углу рассеяния  $\theta = 180^\circ$ . Это означает, что в наших условиях компонент Мандельштама-Бриллюэна, соответствующих  $\theta = 90^\circ$ , не наблюдается. Появление смещенных компонент ( $\theta = 180^\circ$ ) можно, по-видимому, рассматривать как рассеяние компонент ВРМБ, соответствующих  $\theta = 180^\circ$  на усиленной "температурной волне". Если это так, то на рисунке видны сразу несколько компонент ВТР.

Можно было опасаться, что возможные неоднородности, возникающие в жидкости в фокусе лазера (например, кавитация) вызывают разбрасывание возбуждающего света и это может маскировать ВТР. Поэтому был выполнен опыт с метанолом, который по своим гидродинамическим характеристикам таков, что бензол занимает промежуточное положение между ним и водой. Тем не менее, в метаноле, в соответствии с малым значением  $|(\partial\epsilon/\partial T)_p|$  и  $\gamma$ , интенсивность центральной компоненты при рассеянии под углом  $\theta = 90^\circ$  была меньше, чем у бензола и исчезла при ослаблении интенсивности лазерного излучения в шесть раз. В бензоле при таком ослаблении центральная компонента продолжала наблюдаться.

Таким образом описанные опыты убеждают нас в том, что мы наблюдали явление ВТР в бензоле.

Физический институт  
им. П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
18 августа 1967 г.

### Литература

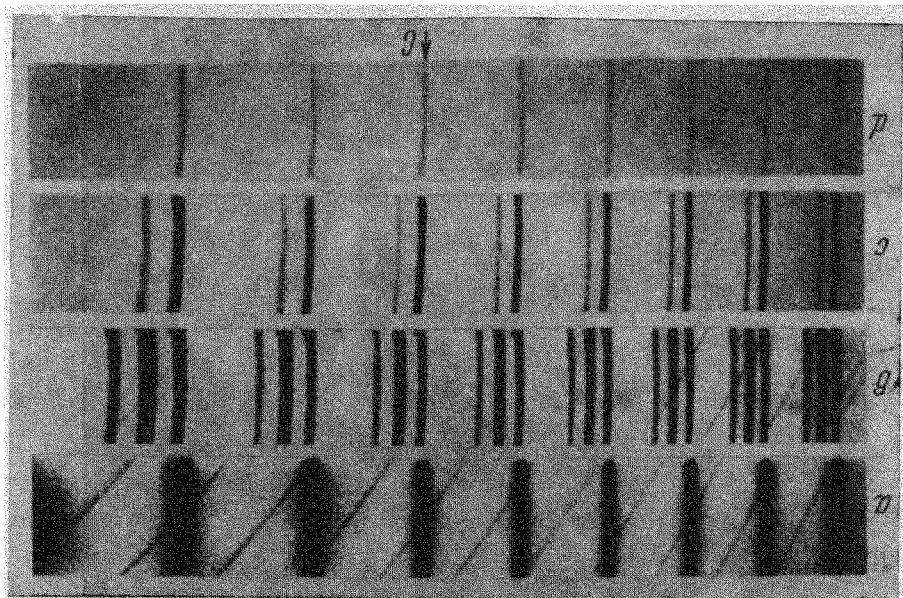
- [ 1 ] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. М., Изд-во "Наука", 1965.
- [ 2 ] R.Y.Chiao, C.H.Townes, B.P.Stoicheff. Phys. Rev. Lett., 12, 552, 1964.
- [ 3 ] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 2, 41, 1965.
- [ 4 ] Г.И.Зайцев, Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 6, 505, 1967.

---

\* Рассматриваются плоские волны, процесс считается стационарным, длительность импульса значительно больше времени установления температуры. В случае, когда в среде может распространяться второй звук, решения получаются другие, аналогичные решениям для обычного ВРМБ.

\*\* При выполнении этой работы наблюдались некоторые побочные явления, которые теперь продолжают изучаться.

Вклейка к ст. Г. И. Зайцева и др. (стр. 802)



Интерферограмма света, рассеянного бензолом при угле рассеяния  $\vartheta = 90^\circ$ . Область дисперсии интерферометра Фабри-Перо  $1 \text{ см}^{-1}$ . *a* — спектр излучения рубинового лазера; *b* — спектр света, рассеянного бензолом ( $\vartheta = 90^\circ$ ) при мощности рубинового лазера  $90 \text{ Вт}$ , сфокусированного в сосуд линзой  $f = 2,5 \text{ см}$ ; *c*, *d* — то же при ослаблении интенсивности излучения лазера в 2,5 и 6 раз, соответственно. *C* — центральная компонента, возникающая при ВТР