

ВЫНУЖДЕННОЕ ЭНТРОПИЙНОЕ (ТЕМПЕРАТУРНОЕ) РАССЕЯНИЕ СВЕТА В ЖИДКОСТЯХ

Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский

Существование вынужденного энтропийного (температурного) рассеяния света (ВТР) впервые было с полной определенностью доказано в нашей работе [1].

В последующих экспериментальных [2-5] и теоретических [6-8] исследованиях было выяснено, что ВТР может возникать вследствие двух различных причин. Из общего рассмотрения [7] явления ВТР следует, что линия ВТР, вызванного электрокалорическим эффектом, должна быть смещена в стоксовую сторону относительно частоты возбуждающего излучения (ВТР-I), а линия ВТР, возникшего вследствие прямого поглощения света, должна иметь антистоксов сдвиг (ВТР-II).

Экспериментально явление ВТР-I наблюдалось в газообразном водороде в наших работах [2, 3], а явление ВТР-II в жидкостях Рэнком и др. [4] и в газах Виггинсом и др. [5].

В отличие от работ [2-5], в нашей первой работе [1] не было проведено детальных спектральных измерений положения линии ВТР и потому мог возникнуть вопрос, что тогда наблюдалось в чистых жидкостях – ВТР-I или ВТР-II.

В этой работе сообщается о первом наблюдении в жидкостях линии вынужденного энтропийного или температурного рассеяния света (ВТР-I), максимум интенсивности которой смещен в стоксовую сторону относительно частоты возбуждающего излучения. Следовательно мы наблюдали ВТР, обусловленное электрокалорическим эффектом. В тепловом (спонтанном) рассеянии этот вид ВТР соответствует рассеянию света на флуктуациях энтропии (центральная компонента релеевского триплета) [9].

Из теории, учитывающей влияние на вынужденное рассеяние электрокалорического эффекта и поглощения света следует, что коэффициент усиления в стационарном режиме равен [7]:

$$g_T = \frac{|K_1| \frac{\partial \epsilon}{\partial T_p} c}{8 \pi \rho C_p n} \left\{ 2k_\omega + \frac{1}{2nc} T_o \chi q^2 \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial T} \right)_p \right\} \frac{\Omega}{\Omega^2 + (\chi q^2 + \delta \omega_o)^2} |E_o^m|^2$$

Здесь $\Omega = \omega_o - \omega_1$, $q = k_o - k_1$, k_o и ω_o , k_1 и ω_1 — волновые вектора и частоты возбуждающей и рассеянной световых волн, c — скорость света в пустоте, $2k_\omega$ — коэффициент поглощения света, χ — коэффициент температуропроводности, $2\delta\omega_o$ — полуширина линии возбуждающего излучения, остальные обозначения обычные [7, 9].

Из (1) видно, что для жидкостей ($(\partial \epsilon / \partial T)_p < 0$) при

$$2k_\omega < \frac{1}{2nc} T_o \chi q^2 \left| \left(\frac{\partial \epsilon}{\partial T} \right)_p \right|$$

коэффициент усиления положителен ($g_T > 0$) при $\Omega > 0$ (стокс), а при больших $2k_\omega$ коэффициент усиления положителен при $\Omega < 0$ (антистокс).

Действительно, наши исследования показали, что в жидкостях могут реализоваться либо ВТР-I, либо ВТР-II, в зависимости от величины коэффициента поглощения света.

В качестве объектов исследования были выбраны бензол и этиловый спирт. Рассеяние возбуждалось импульсом света рубинового лазера максимальной мощностью $\sim 180 \text{ Мвт}$, длительностью $10 + 15 \text{ нсек}$ и спектральной шириной линии излучения $2 + 3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$. Возбуждающий свет фокусировался в сосуд с исследуемой жидкостью цилиндрической линзой с фокусными расстояниями $f = 2,5 \text{ см}$. Свет, рассеянный под

углом $\theta = 90^\circ$, анализировался интерферометром Фабри – Перо. Одновременно фотографировался также спектр возбуждающего излучения ¹⁾.

На рис. 1, *б* и 2, *б* (см. вклейку) приведены интерферограммы рассеянного света в чистом бензоле ²⁾ и в абсолютном этиловом спирте. Сравнение спектра рассеянного света со спектром возбуждающего излучения (рис. 1, *а* и 2, *а*, слева) позволяет четко установить стоковый сдвиг рассеянного света в обеих жидкостях. Величины этого сдвига ($\sim 10^{-2} \text{ см}^{-1}$) того же порядка, что и половина полуширины линии возбуждающего излучения ($\delta\omega_0/2$).

При добавлении в эти жидкости поглотителя (I_2) линия ВТР оказалась смещенной в антистоксовую сторону (рис. 1, *с* и 2, *с*). При малых коэффициентах поглощения это смещение того же порядка, что и стоковое смещение линии ВТР-I.

При больших коэффициентах поглощения света, близких к критическому $\{\gamma\}$ и больших интенсивностях возбуждающего излучения смещение линии ВТР-II может в несколько раз превышать величину $\delta\omega_0/2$. Является ли это увеличение смещения следствием повторного процесса рассеяния при ВТР-II в области взаимодействия или здесь играют роль другие причины, пока остается не ясным.

В условиях нашего опыта в чистом бензоле линия ВТР-I наблюдалась при мощности излучения, меньшей $\sim 50 + 80 \text{ Мвт}$. При больших мощностях наблюдалась линия ВТР-II. Можно думать, что при больших интенсивностях возбуждающего излучения на явление ВТР существенное влияние оказывает нелинейное поглощение света (см. формулу (1)) и явление ВТР-I переходит в явление ВТР-II.

В заключение авторы выражают благодарность В.Н.Бирюкову и В.П.Зайцеву за помощь в работе.

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

Поступила в редакцию
10 декабря 1969 г.

¹⁾ Часть света возбуждающего излучения отщеплялась от основного пучка и проходила через пластинку $\lambda/2$. Таким образом его поляризация была повернута на 90° относительно поляризации света, возбуждающего рассеяние. Анализаторы, помещенные перед фотопластинкой, позволяли в одной половине интерферограммы регистрировать свет, поляризованный в плоскости рассеяния (возбуждающее излучение), в другой половине свет, поляризованный в направлении, перпендикулярном плоскости рассеяния (рассеянный свет).

²⁾ Химически чистый бензол подвергался дополнительной очистке по методу Мартина [9].

Литература

- [1] Г.И.Зайцев, Ю.И.Кызыласов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма в ЖЭТФ, 6, 802, 1967.
 - [2] I.L.Fabelinskii, D.I.Mash, V.V.Morosov, V.S.Starunov. Phys. Lett., 27A, 253, 1968.
 - [3] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. ЖЭТФ, 55, 2053, 1968.
 - [4] D.H.Pank, C.W.Cho, N.D.Foltz, T.A.Wiggins. Phys. Rev. Lett., 19, 828, 1967.
 - [5] T.A.Wiggins, C.W.Cho, D.R.Dietz, N.D.Foltz. Phys. Rev. Lett., 20, 831, 1968.
 - [6] V.S.Starunov. Phys. Lett., 26A, 428, 1968.
 - [7] В.С.Старунов. ЖЭТФ, 57, 1012, 1969.
 - [8] R.M.Herman, M.A.Gray. Phys. Rev. Lett., 19, 824, 1967.
 - [9] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. М. Изд. Наука, 1965.
-