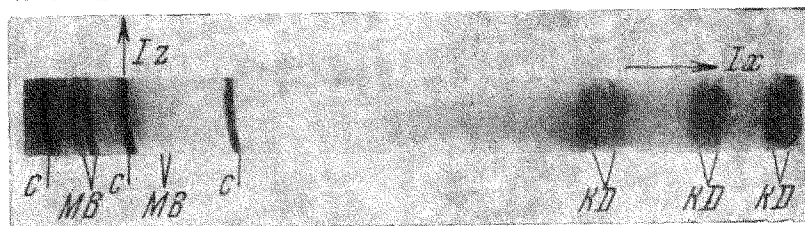


Вклейка к ст. В. С. Старунова и др. (стр. 317)



Интерференграмма света, рассеянного хинолином в z - и x -поляризациях при 20°C , C — центральная компонента, MB — компоненты Манделъштама — Бриллюэна в z -поляризации; KD — компоненты дублета крыла линии Релея в x -поляризации

ТОНКАЯ СТРУКТУРА В СПЕКТРЕ ТЕПЛОВОГО КРЫЛА ЛИНИИ РЕЛЕЯ В ЖИДКОСТЯХ

В.С.Старунов, Е.В.Тизанов, И.Л.Фабелинский

В спектре теплового деполяризованного рассеяния света (крыло линии Релея) нами найдено новое явление, которое состоит в том, что x – компонента * этого спектра расщеплена на две компоненты. Расстояние между компонентами этого дублета заметно меньше расстояния между компонентами Мандельштама-Бриллюэна. Явление наблюдалось в спектре света, рассеянного нитробензолом и хинолином.

Достаточно узкий диффузионный участок крыла у ряда жидкостей наблюдался на интерферрограмме спектра рассеянного света и раньше [1], но его тонкая структура, насколько нам известно, наблюдается впервые. Наблюдение это стало возможным благодаря применению газового лазера в качестве источника возбуждающего света. Весь опыт выполнен на установке, описанной в [2]. Сосуд с рассеивающей жидкостью помещался как внутрь оптического резонатора лазера, так и вне его.

Недавно мы обратили внимание на существование узкого и интенсивного крыла линии Релея в нитробензоле [3]. Детальное изучение этого участка в нитробензоле и хинолине показало, что в этих жидкостях в x –компоненте рассеянного света наблюдается дублет (см. вклейку), расстояние между компонентами которого зависит от угла рассеяния (см. таблицу). Опыты с нитробензолом показали, что с повышением температуры жидкости компоненты дублета становились шире.

С нашей точки зрения, найденное явление обусловлено тем, что свет, рассеянный на флуктуациях анизотропии, вызванных флуктуациями сдвиговых деформаций, оказывается промодулированным соответствующей фурье-компонентой сдвиговой деформации или, иначе говоря, поперечным звуком, удовлетворяющим условию Брэгга [1,4,5].

Теория рассеяния света на флуктуациях анизотропии, вызванных флуктуациями деформаций, развивалась Леонтовичем [4] и Рытовым [5] и изложена также в [1]. Для возбуждающего света, поляризованного в

плоскости, перпендикулярной плоскости рассеяния, спектральное распределение x – компоненты рассеянного света дается выражением

$$I_{zx} \sim \frac{A^2}{\mu} \left\{ \frac{\Omega^2 \tau}{\Omega^2 + \tau^2 (\Omega^2 - \Omega_T^2)^2} + \frac{\tau}{1 + \Omega^2 \tau^2} \right\}, \quad (1)$$

где A – пропорциональна константе Максвелла [1,4], τ – время релаксации анизотропии, которое предполагается того же порядка, что и максвелловское время релаксации сдвиговой вязкости, μ – модуль сдвига, Ω – частота, отсчитываемая от неизменной частоты, Ω_T – частота поперечного звука, равная

$$\Omega_T = 2\pi \frac{v_T}{c} \omega_0 \sin \frac{\theta}{2}.$$

Здесь скорость поперечного звука $v_T = \sqrt{\mu/\rho}$, остальные обозначения обычные [1].

Т а б л и ц а

Жидкость	t , °C	$h \cdot 10^2$, пуаз	θ , °C	$2\Delta\nu_{\max}$, см ⁻¹	$f \cdot 10^{-9}$, гц	v_T , м/сек	$\mu \cdot 10^{-9}$, дин/см ²
Хинолин	20	3,6	90	0,078	1,2	300	1,2
			120	0,093	1,7	300	1,2
Нитробензол	20	2,03	90	0,043	0,64	200	0,4

Из (1) следует, что на частотах $\Omega_{\max} \approx \pm \Omega_T$ в рассеянном свете будут наблюдаться максимумы. Следовательно, измеряя $\Delta\nu_{\max} = \Omega_T / 2\pi c$, можно из (2) найти скорость поперечного звука v_T на частоте Ω_T .

Вследствие влияния второго слагаемого в (1) расстояние между максимумами $2\Omega_{\max}$ будет несколько меньше $2\Omega_T$. В этом первом исследовании соответствующая поправка в величины скорости звука не вводилась, так как неизвестно точное значение τ . Оценка показывает, что для нитробензола и хинолина время релаксации анизотропии и время релаксации сдвиговой вязкости одного порядка и имеют значение $\tau \sim 2 + 5 \cdot 10^{-11}$ сек. Следовательно, в нашем случае $\Omega_T \tau \ll 1$, и поправка к значениям v_T , приведенным в таблице, может достигать $\sim 10\%$. Если объяснение, которое мы здесь приводим, правильно, то новое явление позволяет исследовать довольно большой круг жидкостей и измерить в них скорость поперечной звуковой волны, модуль сдвига, найти из соотношения $h = \mu \tau$ время релаксации и изменяя угол, проследить в возможных пределах дисперсию скорости поперечного звука. Возможно, что для жидкостей большой вязкости удастся сопоставить скорость поперечного звука, полученную из этого явления на частоте $\sim 10^9$ гц,

со скоростью поперечной волны, измеренной для тех же жидкостей в ультразвуковом диапазоне частот.

Первые определения скорости поперечного звука и модуля сдвига по расстоянию между компонентами тонкой структуры крыла линии Релея помещены в таблице. Как и следовало ожидать, модуль сдвига оказывается больше для жидкости с большей вязкостью. Сравнение полученных значений μ с измерениями предельного модуля сдвига жидкостей с большой сдвиговой вязкостью [6] показывает, что полученные нами значения μ не вызывают недоумения.

Измерение модуля сдвига маловязких жидкостей на частоте $\sim 10^9$ гц в настоящее время встречает серьезные трудности. Исследование тонкой структуры крыла линии Релея открывает такую возможность для жидкостей, состоящих из анизотропных молекул.

В заключение авторы выражают благодарность М.А.Леонтовичу и С.М.Рытову за ценное обсуждение полученных результатов и В.П.Зайцеву за большую помощь в работе.

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

Поступило в редакцию
15 февраля 1967 г.

Литература

- [1] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. Изд-во "Наука", М., 1965.
- [2] Д.И.Маш, В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. ЖЭТФ, 49, 1764, 1965.
- [3] В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 4, 262, 1966.
- [4] М.А.Леонтович. J. Phys. USSR, 4, 499, 1941.
- [5] С.М.Рытов. ЖЭТФ, 33, 514; 669, 1957.
- [6] R.Meister, C.J.Marnoeffer, R.Sciamanda, L.Cotter, T.Litovitz. J.Appl. Phys., 31, 122, 1960.

* Рассеянный свет проходит через призму Волластона, ориентированную таким образом, чтобы на фотопластинке одновременно получался спектр (интерферограмма) в свете, поляризованном перпендикулярно (z - компонента) и параллельно (x - компонента) плоскости рассеяния [1].