

МЕТОДИКА ОДНОВРЕМЕННОЙ РЕГИСТРАЦИИ КОМПОНЕНТ
МАНДЕЛЬШТАМА - БРИЛЛОУНА ПРИ СУЩЕСТВЕННО
РАЗЛИЧНЫХ УГЛАХ РАССЕЙНИЯ

Л. М. Кашаева, Л. М. Сабиров, Я. Туракулов, Т. М. Утарова

УДК 535.36

Предложен простой метод, позволяющий одновременно получать данные по смещению и ширине компонент Мандельштама - Бриллюэна при рассеянии света под углами θ и $(180^\circ - \theta)$.

Хорошо известно, что компоненты Мандельштама - Бриллюэна (КМБ) широко используются для исследования акустических и некоторых других свойств сред в различных состояниях /1/. Частотный сдвиг Ω и ширина $\delta\omega$ КМБ определяются соотношениями:

$$\Omega = qv, \quad (1)$$

$$\delta\omega = q^2\Gamma, \quad (2)$$

где v - скорость звука, q - волновой вектор звуковой волны

$$q = (4\pi n/\lambda)\sin\theta/2. \quad (3)$$

Здесь n , λ , θ - коэффициент преломления среды, длина волны возбуждающего света и угол рассеяния, соответственно, а Γ связано с амплитудным коэффициентом поглощения звука α следующим образом

$$\Gamma = 2\alpha v/q^2. \quad (4)$$

Из соотношений (1)-(3) следует, что частота звука и ширина КМБ зависят от угла рассеяния θ , причем при $\theta = 0$, $\Omega = 0$, а при $\theta = 180^\circ$, $\Omega = (4\pi n/\lambda)v$, что для жидкостей равно $\sim 5 \cdot 10^{10}$ Гц.

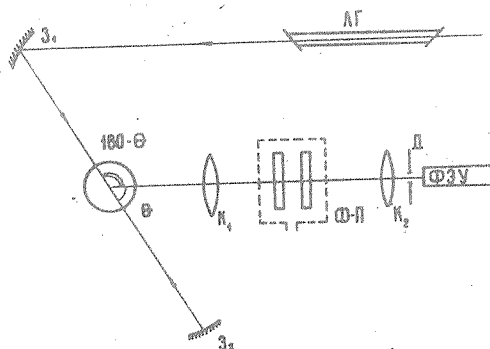
Обычно измерения проводятся при одном каком-либо угле рассеяния и в большинстве случаев этот угол θ составляет 90° .

Как видно из формул (1)–(4), искомые скорость v и поглощение α звука существенно зависят от величины θ и от точности ее определения.

Цель настоящей статьи – описание простого метода, позволяющего одновременно регистрировать рассеянный свет при углах близких, например, к $\theta = 0^\circ$ и $\theta = 180^\circ$ или при любых двух других углах, заключенных в промежутке $0^\circ < \theta < 180^\circ$.

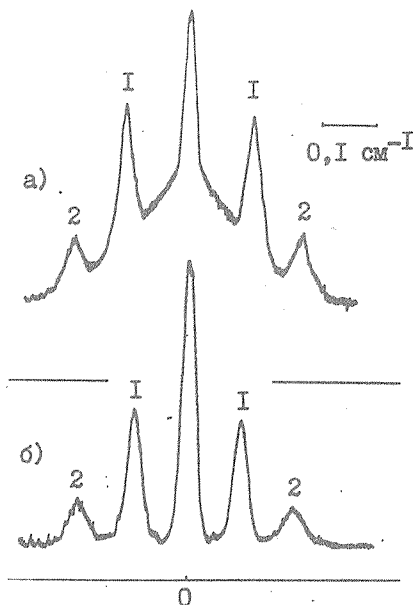
Схема установки (рис. 1) иллюстрирует предлагаемый метод. Лазерный луч, поляризованный перпендикулярно плоскости рассеяния, попадает на сферическое зеркало Z и фокусируется в цилиндрический сосуд с рассеивающей средой. Зеркала Z_1 и Z_2 представляют собой конфокальную оптическую систему. Рассеянный свет одновременно наблюдается под углами θ и $(180^\circ - \theta)$ к оси этой системы.

Образцы записей спектра на двухпроходном интерферометре Фабри – Перо, изготовленном в нашей лаборатории, приведены на



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: ЛГ – He-Ne лазер ($\lambda = 6328 \text{ \AA}$), Z_1, Z_2 – зеркала, образующие конфокальную систему, $\theta, (180^\circ - \theta)$ – углы рассеяния, K_1, K_2 – линзы, Ф-П – интерферометр Фабри – Перо, сканируемый давлением, Д – точечная диафрагма, ФЭУ – фотоумножитель ФЭУ-79

рис. 2, из которого видно, что в спектре присутствуют 4 компоненты Мандельштама – Бриллюэна, соответствующие рассеянию под углами 60° и 120° . Полученные под двумя разными углами КМБ отвечают двум разным частотам и дальнейшая обработка результатов связана с конкретной физической задачей.



Р и с. 2. Образцы экспериментальных спектров, полученные под углами рассеяния 60° (1) и 120° (2) в нитробензоле (а) и в CCl_4 (б)

Как видно из соотношения (1), при отсутствии дисперсии скорости звука смещение Ω КМБ растет пропорционально $\sin^2 \theta/2$. Это использовалось нами для определения значения Θ и вместе с ним $(180^\circ - \Theta)$. В воде в этой области частот дисперсия скорости звука пренебрежимо мала, а скорость ультразвука измерена с высокой точностью (в нашем случае $\sim 0,1\%$). В хорошо очищенной от посторонних включений воде, кроме того, нет центральной компоненты, что позволяет фиксировать КМБ на малых частотах без существенных искажений.

При определении значения угла θ можно использовать следующее равенство, вытекающее из (I) в отсутствие дисперсии скорости звука:

$$\sin\theta/2 = \Omega_{\theta}/\Omega_{180} \quad (5)$$

Здесь Ω_{180} - смещение КМБ при $\theta = 180^\circ$, вычисляемое с помощью формулы (I) и табличного значения скорости звука в воде при 20°C , Ω_{θ} - смещение КМБ при определяемом угле θ . При этом точность определения угла θ (при точности определения скорости звука в воде 0,1%) оказывается $\sim 0,06$, что выше точности выставления угла $\theta = 90^\circ$ с помощью, например, пентапризмы.

При использованных нами углах рассеяния в нитробензоле на частотах $\Omega_1 = 2,3 \cdot 10^{10}$ Гц и $\Omega_2 = 4,1 \cdot 10^{10}$ Гц были получены значения скоростей $v_1 = 1,494 \cdot 10^5$ см/с и $v_2 = 1,541 \cdot 10^5$ см/с.

Основное преимущество метода - одновременность регистрации КМБ на разных частотах - позволяет избежать влияния систематических и случайных ошибок опыта, а также значительно сокращает время эксперимента.

Авторы благодарны И. Л. Фабелинскому за полезное обсуждение работ.

Поступила в редакцию
15 декабря 1980 г.
После переработки
2 марта 1981 г.

Л и т е р а т у р а

И. И. Л. Фабелинский, Молекулярное рассеяние света, "Наука", М., 1965 г.