

ВЫНУЖДЕННОЕ РАССЕЯНИЕ МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА

В ГАЗАХ

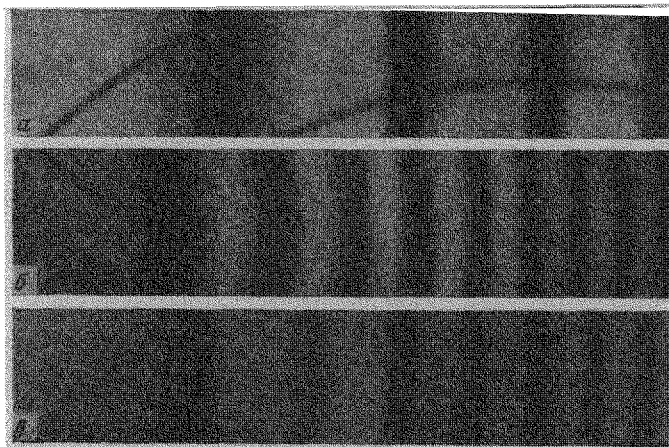
Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский

В этом письме сообщается о наблюдаемом нами вынужденном рассеянии Мандельштама-Бриллюэна (МББ) в некоторых сжатых газах ¹⁾.

В единственном экспериментальном исследовании тонкой структуры линии Релея в тепловом рассеянии света в водороде при 100 атм, азоте и кислороде при 80 атм и углекислоте при 50 атм не было обнаружено дискретных компонент Мандельштама-Бриллюэна (МББ) [4].

В [5,6] на основании классического расчета и данных о поглощении звука в газах было показано, что в условиях опыта [4] дискретно

Вклейка к ст. Д. И. Маша и др. (стр. 563)



Спектры вынужденного рассеяния Мандельштама — Брюлюэна в сжатых газах:

a — в водороде ($p=95$ атм), область дисперсии интерферометра Фабри — Перо 1 см^{-1} ; *b* — в кислороде ($p=150$ атм); *v* — в азоте ($p=125$ атм). Область дисперсии интерферометра для кислорода и азота $0,333 \text{ см}^{-1}$

компоненты тонкой структуры должны наблюдаться во всех случаях. Условие существования дискретных КМБ определяется неравенством [6]

$$\alpha\Lambda \ll 1.$$

Как было показано расчетом [5,6] для газов $\alpha\Lambda = A(\bar{\ell}/\Lambda)$ (α , $\Lambda, \bar{\ell}$ - амплитудный коэффициент поглощения звука, длина волны гиперзвука и средняя длина свободного пробега молекулы соответственно, A - постоянная, для двухатомного газа ~ 25).

При атмосферном давлении ($\bar{\ell} \sim 10^{-5}$, $\Lambda \sim 3 \cdot 10^{-5}$) в тепловом рассеянии света дискретной тонкой структуры быть не может ($\alpha\Lambda > 1$), но уже при давлении 20-30 атм $\alpha\Lambda < 1$ и тонкая структура должна наблюдаться.

Противоречие между опытом [4] и выводом теории [5,6] оставалось неразрешенным до последнего времени.

Если выводы теории правильны, то в сжатых газах ($p > 20$ атм) должна наблюдаться дискретная тонкая структура линии Релея и, следовательно, в принципе может наблюдаться ВРМБ. Будет ли это последнее явление наблюдаться в действительности, зависит от величины его порога и от возможностей эксперимента. Когда выполнено условие $\bar{\ell} \ll \Lambda$, выражение для порога ВРМБ в газах формально совпадает с выражением для порога в жидкостях [6]. Но величина порога в газах при давлениях 100 атм в $10^3 + 10^4$ раз больше, чем в жидкостях.

ВРМБ в сжатых газах мы наблюдали на такой же установке, которая описывалась нами раньше [7] с выходной мощностью света лазера около 250 Мвт.

Явление наблюдалось в азоте при давлениях 100, 125 атм, в кислороде при 75, 100, 150 атм, в водороде при 95 атм.

В спектре ВРМБ в азоте наблюдалось четыре стоксовы компоненты, в кислороде четыре стоксовы и иногда возникала одна слабая антистоксова компонента и в водороде наблюдалось две стоксовы компоненты (см. рисунок на вклейке).

В гелии при давлении 140 атм ВРМБ не наблюдалось, что и следовало ожидать, поскольку для гелия в условиях нашего опыта $\alpha\Lambda > 1$ (см. таблицу).

	P, атм	n	$f \cdot 10^{-9}$, Гц	$\Lambda \cdot 10^5$, см	$\alpha \Lambda$	Измерено в наст. работе		ν адиаб, м/сек	ν изотерм, м/сек
						$\Delta \nu \cdot 10^2$, см ⁻¹	скорость гиперзв., м/сек.		
N ₂	125	1,085	0,84	3,3	0,06	2,8±0,1	280±10	352	297
O ₂	150	1,088	0,99	3,3	0,06	3,3±0,3	330±30	331	280
H ₂	95	1,012	3,3	3,4	0,14	11 ± 1	1130±100	1334	1127
He	140	1,005	2,6 (внч.)	3,5 (внч)	1,7	-	-	1008	783

По положению дискретных КМБ была определена скорость гиперзвука во всех трех случаях ²⁾. В таблице помещены результаты определения скорости гиперзвука и для сравнения приведены адиабатические и изотермические скорости звука и другие характеристики среды и условий опыта. Из полученных результатов следует, что значение скорости гиперзвука для азота и водорода меньше адиабатической скорости звука в этих средах, хотя следовало ожидать, что в результате возможного нагрева в объеме, где возникает ВРМБ, скорость гиперзвука должна быть заметно больше ее адиабатической величины.

Возможно, что наблюдаемое понижение скорости объясняется тем, что ВРМБ происходит не в нейтральном газе, а в неравновесной плазме, возникающей в сфокусированном луче гигантского импульса лазера.

Частота, при которой звук становится изотермическим, в плазме может понизиться вследствие увеличения теплопроводности и звук станет изотермическим. Однако объясняется ли наблюдаемое понижение скорости этой или другой причиной, будет выясняться в дальнейшем.

Определение скорости гиперзвука в кислороде показывает, что средняя величина скорости близка к ее адиабатическому значению, однако детальные измерения дают для смещения первой стоковой компоненты величину меньшую, чем для второй, а для второй — меньшую, чем для третьей.

Скорость гиперзвука в кислороде, рассчитанная по первой компоненте, близка к ее изотермическому значению.

Авторы признательны И.М.Арефьеву за предоставление киветы для опытов с высоким давлением и обсуждение вопросов техники исследования при высоких давлениях, а также М.А.Высоцкой и В.П.Зайцеву за помощь при проведении эксперимента.

Физический институт

им.П.Н.Лебедева

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

9 ноября 1965 г.

Литература

- [1] K.J.Chiao, C.H.Townes, B.P.Stoicheff. Phys. Rev. Lett., 12, 552, 1964.
- [2] R.G.Brewer, K.E.Rieckhoff. Phys. Rev. Lett., 13, 334, 1964.
- [3] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, Е.В.Тиганов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 2, 246, 1965.
- [4] C.S.Venkateswaran. Proc. Ind. Sci., 15, 316, 1942.
- [5] И.Л.Фабелинский. Экспериментальные и теоретические исследования по физике. Сб.памяти Г.С.Ландсберга, 254, 1958.
- [6] И.Л.Фабелинский. Молекулярное рассеяние света. Изд-во "Наука", М., 1965.
- [7] Д.И.Маш, В.В.Морозов, В.С.Старунов, И.Л.Фабелинский. Письма ЖЭТФ, 2, 41, 1965.

1) ВРМБ наблюдалось раньше в кристаллах [1], жидкостях [2,3] и твердых аморфных телах [3].

2) В рассеянном свете возбуждающая линия состоит из трех дискретных мод сильно различающейся интенсивности. Все три моды укладываются в полосу $0,02 \text{ см}^{-1}$. При расчете скорости отсчет производился от наиболее интенсивной моды.