

ДИСПЕРСИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА В РАСТВОРЕ С ДВУМЯ КРИТИЧЕСКИМИ ТОЧКАМИ

С.В.Кривохижа, И.Л.Фабелинский, Л.Л.Чайков, А.А.Шубин

*Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН,
117924, Москва, Россия*

Поступила в редакцию 31 мая 1996 г.

После переработки 2 июля 1996 г.

Экспериментально исследована дисперсия скорости звука в растворе с областью расслаивания в интервале частот от 2,6МГц до 12ГГц. Обнаружено, что дисперсия скорости звука со стороны нижней критической температуры расслаивания достигает величины 22% и линейно зависит от температуры. Со стороны верхней критической температуры расслаивания дисперсия скорости звука существенно меньше и имеет другую линейную зависимость от температуры.

PACS: 62.60.+v

1. Недавние исследования температурной зависимости скорости гиперзвука в растворе гваякол-глицерин при добавлении к раствору малого количества воды или CCl_4 показали, что температурный коэффициент скорости гиперзвука $\beta = dV/dT$ ниже нижней и выше верхней критических точек различается в два раза [1–3].

Температурный интервал между двумя критическими точками может составлять доли одного градуса, но и при этом по обе стороны от критических точек различие в величине β остается тем же.

Поскольку в изучаемой среде никаких химических реакций не происходит, то по-видимому следует предположить, что в гомогенном растворе при температурах выше верхней и ниже нижней критических точек возникают существенно различные межмолекулярные взаимодействия, в соответствии с которыми энергетически выгодны различные взаимные расположения молекул или, что то же самое, возникает различная внутренняя структура раствора в двух этих температурных областях.

Если сделанные предположения справедливы, то вероятно, можно ожидать различны значения β для различных длин волн в ультразвуковой и гиперзвуковой области частот.

2. С целью экспериментальной проверки сделанных предположений были выполнены измерения зависимости скорости ультразвука частоты $2,68 \cdot 10^6$ Гц в интервале температур от 18 до $94,3^\circ\text{C}$ и в том же интервале температур выполнены измерения скорости распространения гиперзвука частоты $1,2 \cdot 10^{10}$ Гц.

Для измерения температурной зависимости скорости распространения ультразвука использовался ультразвуковой интерферометр – прибор, разработанный в нашей лаборатории [4]. Точность измерения скорости ультразвука составляла 0,2% во всем интервале температур.

Скорость распространения гиперзвука определялась по положению компонент Манделъштама–Бриллюена в спектре света молекулярного рассеяния. Для получения спектра использовалась установка с многопроходным интерферометром Фабри–Перо фирмы "Burleigh" с электронной системой регистрации спектра DAS-1 с последующей обработкой данных на компьютере. Точность

измерения скорости распространения гиперзвука 0,5%. Исследования выполнялись в растворе гваякол-глицерин с добавлением малого количества воды [3].

На рис.1 представлены результаты таких ультразвуковых измерений, которые сопоставлены с гиперзвуковыми данными [1] и с гиперзвуковыми данными для раствора с областью расслаивания $\Delta T = 39,65^\circ$. Результаты ультразвуковых измерений относятся к двум растворам с добавлением воды с разностью температур между критическими точками $\Delta T = 7,2^\circ$ и $\Delta T = 39,2^\circ$. Для гиперзвука $\beta = -6,5 \text{мс}^{-1}\text{град}^{-1}$ - выше верхней критической точки, $\beta = -11,6 \text{мс}^{-1}\text{град}^{-1}$ - ниже нижней критической точки. Между тем для ультразвука β практически одинаково в обеих температурных областях и составляет $4 \text{мс}^{-1}\text{град}^{-1}$. В гомогенном растворе выше верхней критической точки β различается в полтора раза для ультразвука и гиперзвука. В гомогенном растворе ниже нижней критической точки зависимость скорости ультразвука и гиперзвука от температуры линейны, но с существенно разным β . Отношение этих величин $-\beta_{hs}/\beta_{us} = 2,9$. Из рис.1 следует, что описанные выше экспериментальные результаты получены не в непосредственной близости к критическим точкам. При приближении к критической области $\beta \approx 0$, и это особенно отчетливо видно на гиперзвуковых частотах в интервале температур $\pm 5^\circ$ от двойной критической точки [2] и в ультразвуковой области частот при приближении к нижней критической точке на 8° и ближе для обоих растворов.

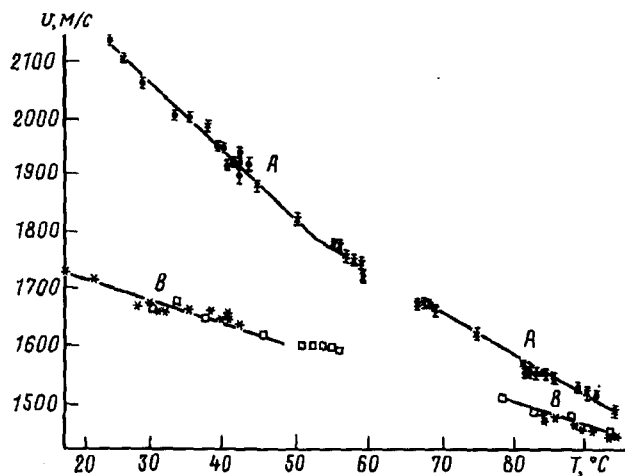


Рис.1. Зависимость скорости распространения звука в растворах гваякол - глицерин при различных размерах областей расслаивания - ΔT : кривая А - гиперзвук (o - $\Delta T = 39,65^\circ$, x - $\Delta T = 7,28^\circ$); кривая В - ультразвук (* - $\Delta T = 39,2^\circ$, □ - $\Delta T = 7,2^\circ$)

3. Длина волны ультразвука для 30°C равна $\lambda = 0,076$ см, а для той же температуры для гиперзвука $\lambda = 2,4 \cdot 10^{-5}$ см. Если справедливо сделанное выше предположение о возникновении в области ниже нижней критической точки некоторой структуры, отличной от структуры, возникающей выше верхней критической точки, то ультразвуковые волны не обнаруживают на себе влияние таких структур. Совсем иначе обстоит дело с распространением гиперзвуковых волн. Длина волны гиперзвука, по-видимому, оказывается порядка размера возникающих структур или даже меньше их и потому их различие в разных температурных областях сказывается на величине β выше верхней и ниже нижней критических точек.

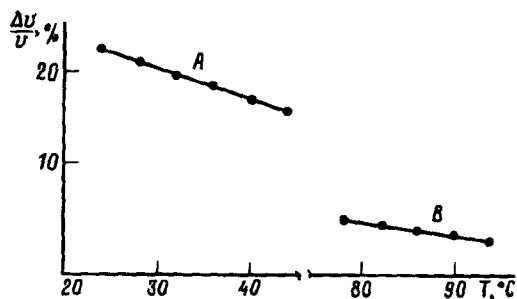


Рис.2. Зависимость дисперсии скорости звука в растворах гваякол - глицерин от температуры. Кривая А - со стороны нижней, кривая В - со стороны верхней критической температуры расслаивания

Возможно этим и объясняется различие в поведении кривых для ультразвука и гиперзвука, однако такое объяснение нельзя принять как совершенное. Нужны дальнейшие экспериментальные и теоретические исследования.

В температурной зависимости и дисперсии скорости звука (рис.2) выше верхней критической точки ничего необычного нет. Наблюдавшаяся там дисперсия скорости звука $\Delta V/\bar{V}$, где $\Delta V = V_{hs} - V_{us}$; $\bar{V} = 1/2(V_{us} + V_{hs})$, равна $1,7 \div 4\%$. Такие величины дисперсии, обусловленные релаксацией объемной вязкости, встречаются давно [4]. Совсем необычной представляется дисперсия скорости звука со стороны нижней критической точки. Необычна ее величина, достигающая 22% и сильная температурная зависимость. Такая картина явления, насколько нам известно, наблюдается здесь впервые. Количественное сопоставление полученных результатов с теорией предполагается опубликовать позже.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 96-02-16199).

1. К.В.Коваленко, С.В.Кривохижа, И.Л.Фабелинский, Л.Л.Чайков, Письма в ЖЭТФ **58**, 395 (1993).
2. К.В.Коваленко, С.В.Кривохижа, И.Л.Фабелинский, Л.Л.Чайков, Докл. РАН **347**, 3 (1996).
3. С.В.Кривохижа, И.Л.Фабелинский, Л.Л.Чайков, ЖЭТФ **89**, 85 (1985).
4. И.Л.Фабелинский, *Молекулярное рассеяние света*. М.: Наука, 1965.