

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБНАРУЖЕНИЕ ЧЕТВЕРТОГО ЗВУКА

### В РАСТВОРАХ $\text{He}^3 - \text{He}^4$

Б.Н.Есельсон, Н.Е.Дюмин, Э.Я.Рудаковский, И.А.Сербин

В жидком  $\text{He}^4$ , как было показано теоретически [1-2] и экспериментально [3-4], возможно существование четвертого звука - особого типа волн, в распространении которых участвует лишь сверхтекучая компонента, а нормальная компонента неподвижна. Четвертый звук реализуется в узких каналах, характеристический поперечный размер которых намного меньше глубины проникновения вязкой волны  $d \ll (2\eta_n / \omega \rho_n)^{1/2}$ , где  $\rho_n$  и  $\eta_n$  - соответственно плотность и вязкость нормальной компоненты,  $\omega$  - частота колебаний.

Вопрос о существовании таких волн в растворах  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  был недавно рассмотрен теоретически [5]. Из этой работы следует, что и в растворах изотопов гелия должно наблюдаться указанное явление, однако в этом случае скорость четвертого звука зависит также и от концентрации раствора.

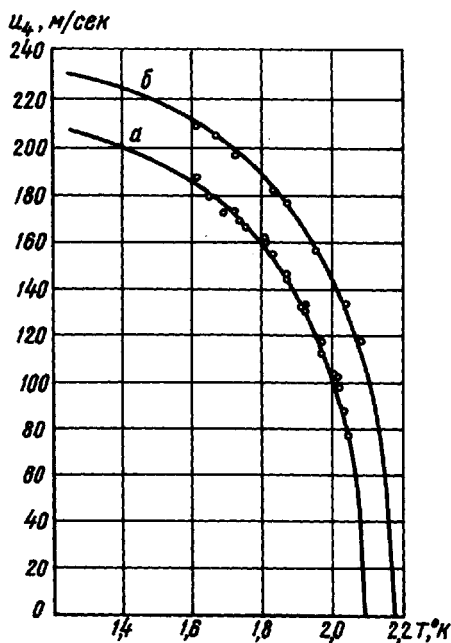
Данная работа была предпринята с целью экспериментальной проверки существования четвертого звука в растворе  $\text{He}^3 - \text{He}^4$ .

Основная часть прибора - цилиндрический резонатор диаметром 20 мм и длиной 10 мм, заполненный фильтром из спрессованного крокуса ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ). Размер частиц порошка  $\sim 0,5$  мк, давление прессования 40 кг/см<sup>2</sup>, пористость фильтра  $\sim 60\%$ . Излучателем и приемником звука служили идентичные, конденсаторные устройства, расположенные по обе стороны фильтра. Одной обкладкой каждого конденсатора являлся массивный медный электрод, другой - алюминиевая пленка толщиной 4 мк, нанесенная на лавсановую пленку толщиной 10 мк, которая служила диэлектрической прокладкой. Резонатор помещался в специальный стакан, куда конденсировался исследуемый раствор. Стакан находился в ванне  $\text{He}^4$ , температура которой понижалась откачкой паров гелия.

На излучатель, расположенный в нижней части фильтра, подавались импульсы от блокинг-генератора с фронтом нарастания 0,1 мксек, частотой следования 200 гц, длительностью 2 мксек и амплитудой 400 в. Принятые импульсы усиливались и подавались на измеритель временных интервалов. По измеренному промежутку времени, необходимому для прохождения импульсом длины фильтра, могла быть определена скорость четвертого звука. Импульсы были весьма четкими и просматривалось обычно 6-8 отражений.

Получение точных абсолютных значений скорости четвертого звука усложняется вследствие многократного рассеяния звука на частицах фильтра. В связи с этим обычно вводится эмпирическая поправка, учитывающая этот эффект. В работе [4] приводятся формулы для подсчета поправки, полученные из различных теорий рассеяния. Для фильтра, использованного в данной работе, поправка на многократное рассеяние оказалась равной  $n = u_4/u'_4 = 1,185$ , где  $u_4$  - истинная скорость четвертого звука,  $u'_4$  - измеренная скорость.

При помощи описанной методики были получены данные о температурной зависимости скорости четвертого звука в чистом  $He^4$  (кривая б на рисунке), которые достаточно хорошо согласуются с эксперименталь-



Зависимость скорости четвертого звука ( $u_4$ ) от температуры (Т): а - в растворе  $He^3 - He^4$  с концентрацией 6,3%  $He^3$ ; б - в чистом  $He^4$ . Сплошные кривые соответствуют теоретически полученным зависимостям [1,2,5]

ными результатами [4] и теоретическими расчетами [1-2].

Измерения скорости четвертого звука в растворе  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  с концентрацией 6,3 %  $\text{He}^3$  производились на том же фильтре, причем при обработке данных использовалась та же поправка.

Результаты для раствора с указанной концентрацией приведены на рисунке (кривая а), где сплошная линия соответствует расчетным значениям<sup>1)</sup>, полученным по формуле [5]

$$u_4^2 = \rho_3 / \rho \left( 1 + 2 \frac{c}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial c} \right) u_1^2 + (\rho_n / \rho) u_2^2,$$

которая справедлива для малых концентраций и не слишком низких температур. Здесь  $\rho$  - плотность раствора,  $\rho_3$  - плотность сверхтекучей компоненты,  $c$  - концентрация  $\text{He}^3$ ;  $u_1$  и  $u_2$  - скорости соответственно первого и второго звука в растворе. Погрешность в определении скорости не превышает 2%.

Как следует из приведенного графика, экспериментальные результаты для растворов изотопов гелия вполне удовлетворительно согласуются с теорией [5]. Оценочные измерения коэффициента поглощения показывают, что он сильно растет при повышении температуры. Это затрудняет измерения вблизи  $\lambda$  - точки.

В настоящее время работа продолжается в более широком интервале температур и концентраций, что может дать сведения о поведении атомов  $\text{He}^3$  в  $\text{He}^4$  в узких каналах.

Авторы пользуются случаем поблагодарить Д.Г.Саникидзе за полезную дискуссию, связанную с постановкой настоящей работы.

Физико-технический институт  
низких температур  
Академии наук Украинской ССР

Поступило в редакцию  
15 ноября 1965 г.

#### Литература

- [1] J.R.Pellam. Phys.Rev., **71**, 608, 1948.  
[2] K.R.Atkins. Phys.Rev., **111**, 962, 1959.

- [3] J. Rudnick, K.A. Shapiro. Phys. Rev. Lett., 9, 191, 1962.
- [4] K.A. Shapiro, J. Rudnick. Phys. Rev., 137, 1383, 1965.
- [5] Д.Г. Саникидзе, Д.М. Черникова. ЖЭФ, 46, 1123, 1964.
- [6] Т.П. Птуха. ЖЭФ, 34, 33, 1958.
- [7] Н.Г. Березняк, Б.Н. Есельсон. ЖЭФ, 31, 902, 1956.
- [8] C.C. Lim, A.C. Hollis Hallet. Low Temperature Physics and Chemistry, 1958, Univ. of Wisconsin Press, p. 178.
- [9] T.R. Roberts, S.G. Sydorjak. Phys. Fluids, 3, 895, 1960.
- [10] E.A. Lynton, H.A. Fairbank. Phys. Rev., 80, 1043, 1950.
- [11] H.A. Fairbank, S.D. Elliott. Low Temperature Physics and Chemistry, 1958, Univ. of Wisconsin Press, p. 180.

---

I) Значения  $\rho$ ,  $\rho_n$ ,  $u_1$ ,  $u_2$  для раствора получены из данных [6-II].