

## ПОПЫТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПРОНИКНОВЕНИЯ СВЕРХТЕКУЧЕСТИ В УЗКИЕ ПОРЫ

*Г.А. Гамцемлидзе, Ш.А. Джапаридзе, К.А. Туркхадзе*

Хорошо известно, что в узких щелях сверхтекучесть должна исчезать при температурах  $T_c$ , которые тем ниже  $\lambda$  — точки ( $T_\lambda = 2,173^\circ\text{K}$ ), чем меньше ширина щели [1]. Однако, как показали Мамаладзе и Чейшвили [2], если мелкопористое тело омывается достаточно большим объемом сверхтекучей жидкости, то гелий, заполняющий поры этого тела, сохраняет сверхтекучесть и в температурном интервале  $T_\lambda > T > T_c$ .

Настоящая работа является сообщением о результатах предварительной стадии серии экспериментов, предпринимаемой Э.Л. Андроникашвили и авторами с целью исследования этих явлений.

На рис. 1 показана использованная нами установка. В цилиндрический сосуд (6), выполненный из плексигласа и погруженный в жидкий гелий, помещался порошок цеолита  $NaX$  (1) с диаметрами малых и больших полостей 6,6 и 11,6 Å, соответственно.

Обычно цеолиты применяются в виде гранул, таблеток или шариков. Гранулы представляют собой вторичные образования, состоящие из контактирующих кристалликов размерами от 1 до 4 мк, зазоры между которыми образуют вторичную пористую структуру гранул. Размеры пор в

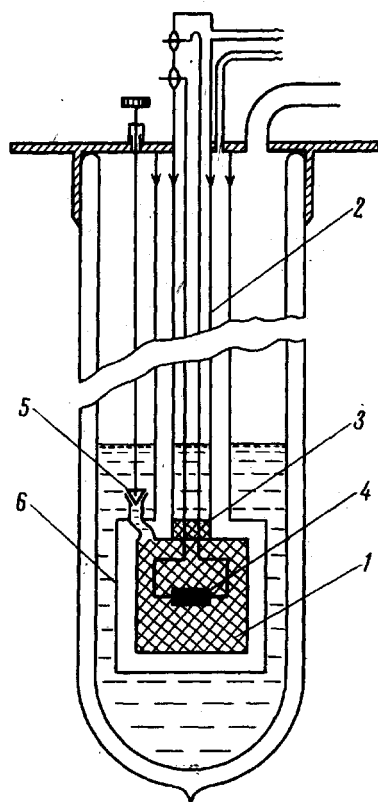


Рис. 1. Схема прибора

гранулах могут колебаться в весьма широких пределах и зависят как от размеров самих кристаллов, так и от характера их упаковки. По данным М.М. Дубинина [5], эквивалентные радиусы вторичных пор (полостей) лежат в интервале от нескольких десятков до сотен тысяч ангстрем.

В нашем эксперименте цеолит  $NaX$  предварительно тренировался три-четыре часа при  $350-400^\circ C$  под вакуумом  $10^{-4}$  мм рт.ст., в результате чего из него удалялись пары влаги. Перед каждым экспериментом цеолит, слабо уплотненный давлением руки, откачивался заново. Для того, чтобы он не отсасывался в процессе откачки, в нижней части трубки (2) помещался стеклянный фильтр (3). В сосуде (6) размещался угольный термометр (4).

Эксперимент проводился следующим образом. Сосуд Дюара заполнялся гелием и откачивался до давления, соответствующего температуре  $1,4^\circ K$ . После этого клапан (5) открывался и сверхтекучий гелий заполнял сосуд (6), о чем можно было судить, во-первых, по появлению,

спустя некоторое время, жидкости над фильтром (3) и, во-вторых, по показанию термометра. После этого перекрывался вентиль откачки, вследствие чего гелий нагревался и самопишущим потенциометром ЭПП-09 записывалось повышение температуры, регистрируемое заранее проградуированным угольным термометром (4). Последующие охлаждения и подогревания гелия вновь производились путем открытия и перекрывания откачки. Таким образом снимались серии термограмм нагрева и охлаждения сосуда с цеолитом.

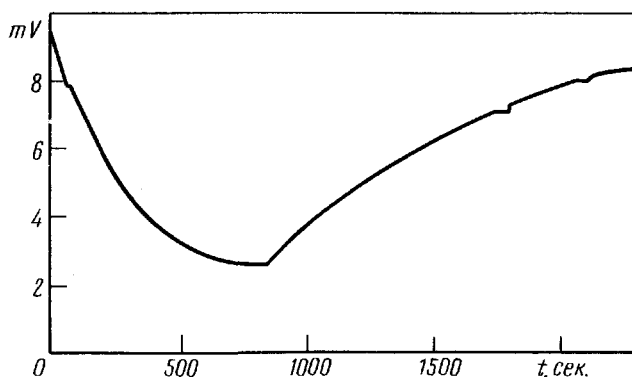


Рис. 2. Временная зависимость падения напряжения на угольном термометре сопротивления, помещенном в цеолит

На этих термограммах наблюдался ряд особенностей при различных температурах. Наиболее явно это отмечается на термограммах, показанных на рис. 2, где хорошо видны особенности в  $\lambda$  – точке и при температуре  $2,085^\circ K$ . В отличие от  $\lambda$  – точки, остальные изломы термограмм обычно плохо воспроизводимы. К тому же, даже в той серии измерений, в которой особенность при  $T = 2,085^\circ K$  была явно выражена на термограммах нагрева, она часто отсутствовала на термограммах охлаждения. Последнее обстоятельство становится совершенно ясным, если рассмотреть в деталях процесс охлаждения и нагревания с помощью конвекционного механизма теплопередачи в узких щелях. Недостаточная воспроизводимость результатов, по-видимому, означает, что размеры пор, которые ответственны за изменение тепловых свойств жидкого гелия при  $T \neq T_\lambda$ , не идентичны и могут зависеть от подготовки образцов для измерений.

Характер наблюдаемой особенности на термограммах обусловлен также скоростью нагрева и охлаждения и, возможно, количеством пор того или иного размера.

Особенность, наблюдаемая нами при  $T = 2,085^\circ K$ , не является смещенной  $\lambda$  – точкой для основных пор цеолита с шириной  $d < 12 \text{ \AA}$ . Действительно, точке  $T = 2,085^\circ K$  соответствует следующий размер: по экспериментальным данным из статьи [3] (кривая на рис. 2)  $d = 30 \text{ \AA}$ , по формуле Гинзбурга и Питаевского  $\Delta T = -2 \cdot 10^{-14}/d^2$  [1]  $d = 48 \text{ \AA}$ , а по

формуле Мамаладзе  $\Delta T = -2,5 \cdot 10^{-11}/d^{3/2}$  [4]  $d = 43 \text{ \AA}$ . Очевидно, положение особенности на термограмме, наблюдаемое нами при  $T = 2,085^\circ \text{K}$ , должно быть объяснено смещением  $\lambda$ -точки в порах шириной  $d \approx 30 + 50 \text{ \AA}$ . Поры порядка сотен ангстрем и выше уже не дают практически заметного смещения  $\lambda$ -точки. Таким образом, естественно предположить, что обе особенности, наблюдаемые при  $T_c = 2,085^\circ \text{K}$  и  $T_\lambda$ , обусловлены наличием вторичной пористой структуры.

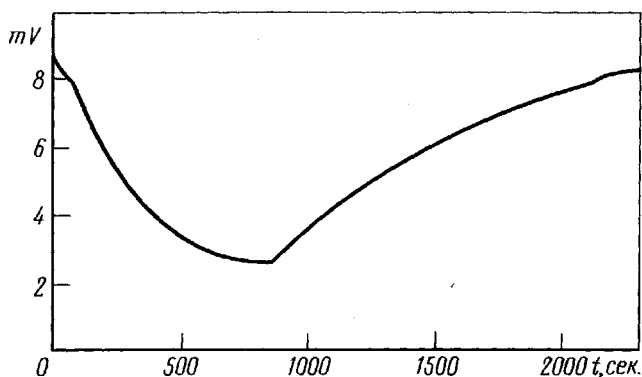


Рис.3. Временная зависимость падения напряжения на угольном термометре сопротивления, помещенном в ванну жидкого гелия

Нам представляется, что явления, предсказанные Мамаладзе и Чейшвили, проявили себя в наших экспериментах в той разнице, которая отмечается между термограммами, снятыми в сосуде с цеолитом (рис. 2) и термограммами, снятыми тем же термометром в гелиевой ванне (рис. 3). Вместо излома при  $T = T_\lambda$ , наблюдаемого в массе гелия, в сосуде с цеолитом обе особенности (как при  $T = T_c$ , так и при  $T = T_\lambda$ ) имеют вид небольшого плато, параллельного оси времени.

Согласно Мамаладзе и Чейшвили [2], количество жидкости переходящей из  $s$ - в  $n$ -состояние, при данном изменении температуры экстремально велико в узком интервале температур возле  $T_c$ , где глубина проникновения сверхтекучести в узкие поры имеет резкий максимум. В связи с этим определенное количество жидкости в порах должно оставаться сверхтекучим при  $T = T_c$  и быстро переходить в нормальное состояние в очень узком температурном интервале сразу же после превышения  $T_c$ .

Очевидно, наблюдаемые нами "плато" на термограммах нагрева фактически являются графиками медленного повышения температуры от значения  $T_c$  до очень близкого к нему значения, при котором "вытеснение" сверхтекучести из пор фактически завершено. Замедление изменения температуры в этом интервале можно объяснить увеличением количества тепла, потребляемого на приrost свободной энергии жидкости при переходе из сверхтекучего в нормальное состояние.

Поскольку эксперименты продолжаются, авторы еще раз хотели бы подчеркнуть, что описанные здесь результаты следует рассматривать как предварительные.

Авторы благодарят Э.Л. Андроникашвили, Ю.Г. Мамаладзе и О.Д. Чейшвили за ценные дискуссии, а также В.Г. Таргинских за техническую помощь.

Тбилисский  
Государственный университет

Поступило в редакцию  
28 февраля 1967 г.

### Литература

- [1] В.Л. Гинзбург, Л.П. Питаевский. ЖЭТФ, 34, 1240, 1958.
- [2] Ю.Г. Мамаладзе, О.Д. Чейшвили. Письма ЖЭТФ, 2, 123, 1965.
- [3] D.I. Brewer, A.J. Symonds, A.L. Thomson. Phys. Rev. Lett., 15, 182, 1965.
- [4] Ю.Г. Мамаладзе. ЖЭТФ, 52, 759, 1967.
- [5] М.М. Дубинин и др. Изв. АН СССР, ОХН, 396, 1961.