

## ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ЖИДКОМ ГЕЛИИ-I

Г. А. Гамцемлидзе, Ш. А. Джапаридзе, Д. Н. Цацава.

Наблюден термомеханический эффект в нормальной жидкости гелий-I, обусловленный наличием слабозатухающих фононов. Вычислено значение фононной части энтропии, совпадающее с теоретическим значением.

1. В работе [1] была предложена двухжидкостная модель He-I, получившая экспериментальное подтверждение в работе [2]. В настоящей работе приводятся результаты, описывающие термомеханический эффект в нормальной классической жидкости — гелий-I.

Было показано [1], что наличие в нормальной жидкости слабозатухающих фононов приводит к появлению в выражении для потока массы жидкости через щель члена, пропорционального градиенту температуры  $\Delta T$  (см. формулу (13) в работе [1]). При соблюдении условия  $ca/aT^2 \rightarrow \infty$  (где  $c$  — скорость звука в жидкости,  $a$  — коэффициент поглощения звука,  $a$  — размер щели,  $T$  — температура), которое хорошо выполняется в нашем эксперименте, получается, что

$$\Delta p / \Delta T = S_{\text{ф}}, \quad (1)$$

где  $\Delta p$  — давление, соответствующее разности температур  $\Delta T$ ,  $S_{\text{ф}}$  — фононная часть энтропии единицы объема жидкости т. е.

$$S_{\text{ф}} \approx (2\pi^2/45) (T/\hbar c)^3 = 1,2 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}. \quad (2)$$

2. На рис. 1 приведена схема прибора. Цилиндрический резервуар (диаметром 30 мм, высотой  $H_p = 28$  мм), изготовленный из оргстекла, сочленен со стеклянным капилляром, длина которого  $L = 120$  мм, внутренний диаметр 0,9 мм. На участке капилляра навита спираль – нагреватель из константана, имеющий сопротивление  $R = 160$  ом. Нагреватель изолирован от окружающей среды вакуумной рубашкой. Для исключения теплоты испарения резервуар закрывался крышкой, имеющей трубку, которая погружалась в ванну гелия-I.

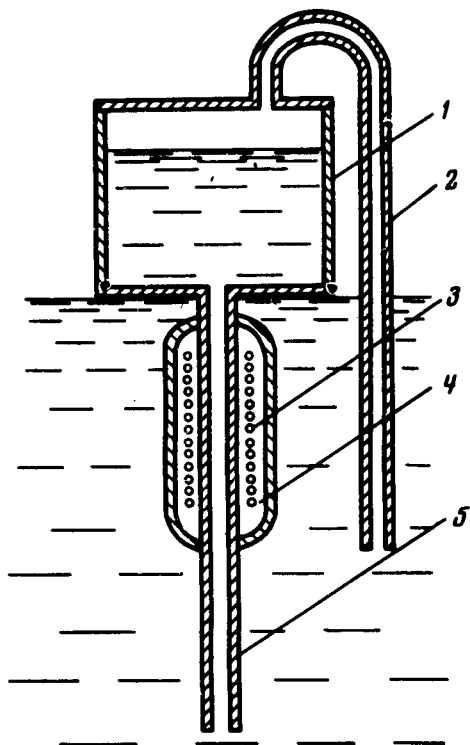


Рис. 1. Схема прибора: 1. – цилиндрический резервуар, 2. – трубка соединяющая резервуар с ванной, 3. – нагреватель, 4. – вакуумная рубашка, 5. – капилляр

Во время эксперимента устанавливалась и поддерживалась постоянной температура. Прибор с помощью подъемного механизма погружался в жидкий гелий так, чтобы дно резервуара совпадало с уровнем жидкости в ванне. При пропускании тока через нагреватель наблюдалось затекание гелия в резервуар с постоянной скоростью  $v = 0,014$  см/сек. Высота поднятия гелия в резервуаре тем больше, чем больший ток пропускаться через нагреватель, т. е. чем большая разность температур  $\Delta T$  создавалась на концах капилляра. Следует отметить, что затекание гелия происходило как при открытой, так и при закрытой крышке резервуара.

Отсчет высоты уровня гелия  $H$  в резервуаре велся с помощью катетометра с точностью  $\pm 0,1$  мм.

3. Разность температур, образующаяся на концах капилляра, т. е. между гелием в ванне и гелием в резервуаре, оценивалась по току в нагревателе. В стационарном режиме вся тепловая мощность, выделяемая в нагревателе, расходуется на поддержание постоянной разности температур между жидкостью в резервуаре и в ванне. Из-за высокой

теплопроводности гелия считаем, что мощность выделяемая нагревателем, отводится жидким гелием через капилляр. Таким образом

$$\Delta T = I^2 R / \kappa (S / L) \approx 20 I^2, \quad (3)$$

где  $\kappa$  — коэффициент теплопроводности гелия,  $S$  — площадь сечения капилляра. Подстановка этого значения  $\Delta T$  в (1) дает для фононной части энтропии выражение

$$S_{\text{ф}} = \rho g \Delta H / 20 I^2 k, \quad (4)$$

где  $k$  — постоянная Больцмана,  $\Delta H = H - H_0$  — высота уровня отсчитанная от нижней торцевой поверхности дна,  $H_0$  — высота поднятия гелия из-за капиллярных сил.

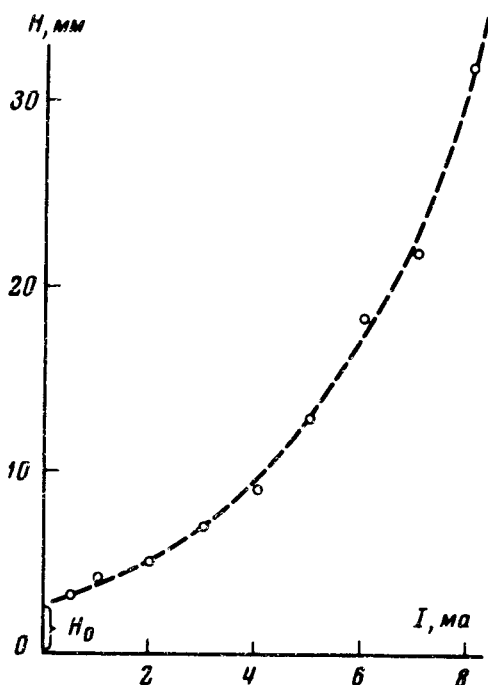


Рис. 2. Зависимость высоты поднятия гелия в резервуаре  $H$ , от силы тока в нагревателе  $I$

На рис. 2 приведена зависимость  $H = f(I)$ . Из параболической зависимости получаем, что

$$\Delta H / I^2 = 4 \cdot 10^4 \text{ см}/\text{а}^2$$

подстановка этого значения в (4) дает  $S_{\text{ф}} \approx 2,1 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-3}$ . Что в пределах погрешности согласуется со значением  $S_{\text{ф}}$ , получаемым из теоретической формулы (1). Приведенные экспериментальные результаты доказывают существование в классической нормальной жидкости — гелии-I во всем температурном интервале термомеханического эффекта.

4. В работе [2] была подтверждена двухжидкостная модель нормальной жидкости путем установления степенного характера затухания сдвиговых колебаний. На рис. 3 в качестве дополнения к указанной работе приводится температурная зависимость скорости сдвиговых колебаний.

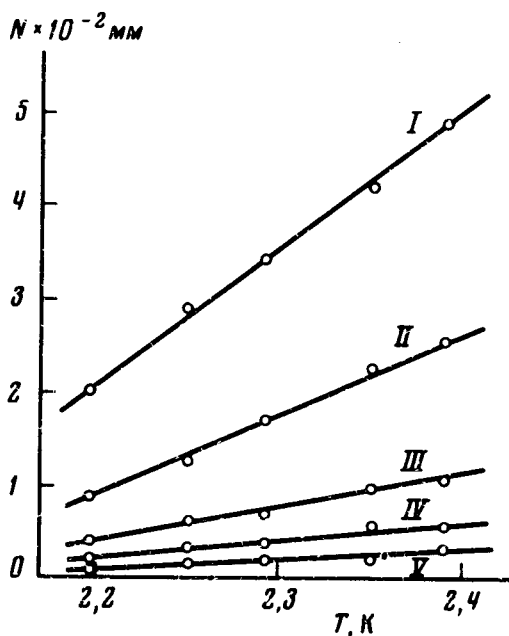


Рис. 3. Зависимость амплитуды колебания зайчика  $N$  на шкале от температуры  $T$  для разных значений расстояний  $Z$  между диском-генератором и диском-приемником. Прямые I – V соответствуют значениям  $Z = 5; 7; 10; 15; 20 \text{ мм}$

Зависимость имеет линейный характер в полном соответствии с теоретическим выражением (5) работы [1].

В заключение отметим, что работа [2] и данная, экспериментально полностью подтвердила теорию двухкомпонентной нормальной жидкости А.Ф.Андреева.

Авторы приносят благодарность А.Ф.Андрееву за ряд ценных советов.

Тбилисский

государственный университет

Поступила в редакцию

11 июля 1975 г.

### Литература

[1] А.Ф.Андреев. ЖЭТФ, 59, 1819, 1970.

[2] Г.А.Гамцемлидзе, Ш.А.Джапаридзе, Д.Н.Цаава. Письма в ЖЭТФ, 20, 45, 1974.