

## ВЛИЯНИЕ $\text{He}^3$ НА ПОДВИЖНОСТЬ ПОЛОЖИТЕЛЬНЫХ ИОНОВ В ЖИДКОМ ГЕЛИИ

*Ю.З.Ковдра, Б.Н.Есельсон*

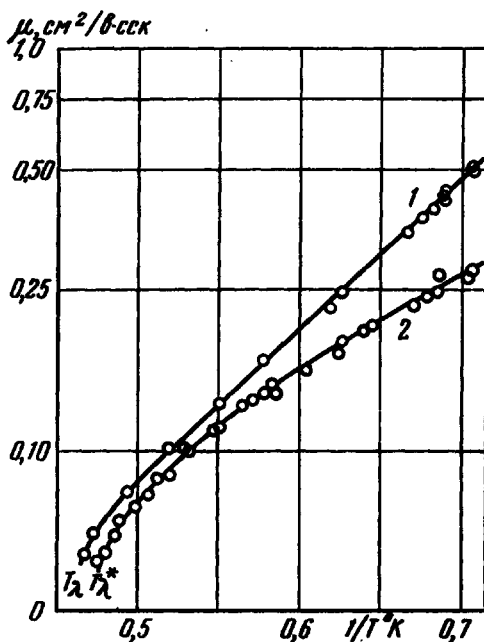
Изучение подвижности положительных и отрицательных ионов в жидком гелии привело к установлению того факта, что рассеяние ионов тесно связано со сверхтекучим характером жидкости [1-5]. В процессе своего движения ион взаимодействует с газом фононов и ротонов, это взаимодействие и определяет особенности подвижности заряженных частиц в  $\text{He II}$ .

В растворах  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  к указанному механизму должно добавиться взаимодействие с примесными возбуждениями, связанными с наличием  $\text{He}^3$ . Об этом свидетельствуют данные работы [6], где исследовалась подвижность в растворах с очень малыми концентрациями  $\text{He}^3$  ( $1,3 \cdot 10^{-3}$  и  $5,1 \cdot 10^{-3} \%$ ) и было обнаружено, что до  $0,8^\circ\text{K}$  присутствие  $\text{He}^3$  не ока-

зывает влияния на подвижность ионов, однако при температурах ниже указанной подвижность как положительных так и отрицательных ионов становится меньше по сравнению с подвижностью в чистом  $\text{He}^4$ .

Настоящая работа предпринята с целью получения более подробных сведений о характере рассеяния ионов на атомах  $\text{He}^3$ . Была измерена подвижность положительных ионов в растворе  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  с содержанием  $\text{He}^3$  3,9% в температурном интервале  $T_\lambda \div 1,4^\circ\text{K}$ .

Ионы в жидком гелии образовывались под действием электронов, испускаемых слоем тритида титана, нанесенного на молибденовый диск, который был расположен в измерительной ячейке.\* Подвижность ионов измерялась методом, аналогичным методу, использовавшемуся в работе



Зависимость подвижности положительных ионов в жидком гелии от обратной температуры. Кривая 1. Сплошная линия — данные работ [2, 3, 7],  $\circ$  — настоящая работа. Кривая 2. Раствор  $\text{He}^3 - \text{He}^4$ .  $T_\lambda$  и  $T_\lambda^*$  — точки соответственно  $\text{He}^4$  и раствора

[3]. На две пары сеток, расположенных в измерительной ячейке, синхронно подавались электрические импульсы, так что при одной полярности импульсов сетки пропускали ионы, а при другой — задерживали. Каждая пара сеток служила, таким образом, затвором, который мог синхронно то открываться, то закрываться. Когда время пробега ионов

между затворами в заданном электрическом поле совпадало или становилось кратным периоду импульсов, на зависимости ионного тока от частоты появлялись максимумы. По положению максимумов можно было вычислить время, необходимое иону для прохождения заданного расстояния, и его скорость.

Расстояние между затворами составляло  $3,00 \pm 0,05$  мм, объем измерительной ячейки был около  $3$  см<sup>3</sup>. Температура в криостате поддерживалась постоянной электронным стабилизатором с точностью до  $10^{-5}$ °. Точность измерения подвижности была не хуже 4%, что касается абсолютной ошибки, то она была, по-видимому, несколько больше.

На рисунке приведена зависимость подвижности положительных ионов  $\mu$  от обратной температуры в чистом He<sup>4</sup> (кривая 1) и в растворе He<sup>3</sup>-He<sup>4</sup> (кривая 2) в интервале температур  $T_{\lambda} \div 1,4^{\circ}\text{K}$ . Из графика следует, что зависимость  $\mu$  от  $1/T$  для He<sup>4</sup> хорошо согласуется с данными работ [2,3,7], которые представлены сплошной линией, а результаты настоящей работы — кружками. Кривая 2 для растворов во всем интервале температур лежит ниже кривой 1 для He<sup>4</sup>. Если для раствора с концентрацией  $5,1 \cdot 10^{-3}$  %, изучавшегося в работе [6], различие между подвижностью ионов в He<sup>4</sup> и растворе начинается только с  $0,8^{\circ}\text{K}$ , то как видно из графика, для раствора с концентрацией 4,00% такое различие имеет место практически уже при температуре  $\lambda$ -перехода. При  $2,1^{\circ}\text{K}$  уменьшение подвижности в растворе по сравнению с He<sup>4</sup> составляет около 15%, при  $1,4^{\circ}\text{K}$  оно достигает уже 45%, причем ясно, что при дальнейшем понижении температуры это различие будет все возрастать. Выше  $2,1^{\circ}\text{K}$  как для чистого He<sup>4</sup>, так и для раствора имеет место более крутой ход зависимости подвижности от температуры, что связано с близостью  $\lambda$ -точки.

В случае чистого He<sup>4</sup> Архиповым [5] была вычислена тормозящая сила, действующая на ион, в предположении наличия только фононов и ротоннов. Легко провести аналогичный расчет для растворов He<sup>3</sup>-He<sup>4</sup> с учетом примесных возбуждений, связанных с присутствием He<sup>3</sup>. Это позволяет вычислить отношение подвижности ионов в растворе  $\mu$  к подвижности в чистом He<sup>4</sup> —  $\mu_0$ . Для достаточно высоких температур, где рассеянием на фононах можно пренебречь, вычисления дают:

$$\frac{\mu}{\mu_0} = \frac{\rho_0 N_r}{\rho_0 N_r + \left(2N_{\text{He}^3}/\sqrt{m}\right) (2m_{\text{эф}} kT)^{1/2}},$$

где  $\rho_0$  — импульс ротона,  $N_r$  и  $N_{\text{He}^3}$  соответственно числа ротоннов и атомов He<sup>3</sup> в единице объема,  $m_{\text{эф}}$  — эффективная масса атомов He<sup>3</sup> в растворе.

Подсчет  $\mu/\mu_0$ , проведенный по указанной формуле, и его сравнение с экспериментальными результатами, показывает, что вычисленные значения  $\mu/\mu_0$  примерно на 15% ниже экспериментальных данных в районе  $2^{\circ}\text{K}$  и на 80% при  $1,4^{\circ}\text{K}$ .

Рассмотрение полученных результатов требует, вероятно, учета того обстоятельства, что дебройлевская длина волны примесного возбуж-

дения, связанного с  $\text{He}^3$ , сравнима с размерами положительного иона.

В настоящее время опыты с раствором  $\text{He}^3 - \text{He}^4$  продолжаются.

Авторы благодарят А.И.Шальникова, Р.Г.Архипова и И.О.Кулика за интересные дискуссии.

Физико-технический институт  
низких температур  
Академия наук Украинской ССР

Поступило в редакцию  
26 мая 1967 г.

### Литература

- [1] L.Meyer, F.Reif. Phys. Rev., 110, 279, 1958.
- [2] G.Careti, F.Scaramuzi, I.O.Thomson. Nuovo Cim., 13, 186, 1959.
- [3] F.Reif, L.Meyer. Phys. Rev., 119, 1164, 1960.
- [4] K.R.Atkins. Phys. Rev., 116, 1339, 1959.
- [5] Р.Г.Архипов. УФН, 88, 165, 1966.
- [6] F.Reif, L.Meyer. Phys. Rev. Lett., 5, 1, 1960.
- [7] S.Cunsolo. Nuovo Cim., 21, 76, 1961.

---

\* Авторы благодарят А.И.Шальникова за предоставление мишени.