

*Письма в ЖЭТФ, том 14, стр. 295 – 298*

*5 сентября 1971 г.*

## **О ПРИРОДЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МЕТАЛЛОВ В ЗАКРИТИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ**

*В. А. Алексеев*

За последние несколько лет появились работы по измерению электропроводности и уравнения состояния ртути [1 – 3] и цезия [4 – 9] при температурах и давлениях, превышающих критические. Отсутствие информации о микроструктуре вещества в закритическом состоянии затрудняло понимание природы электропроводности. На основании экспериментальных данных область закритического состояния можно условно разделить на три части, в которых микроструктура существенно различна [8, 10]. В первой области ( $\rho > \rho_{\text{крит}}$ ) доминирует структура, характерная для жидких металлов, поэтому электропроводность в этой облас-

ти подчиняется закономерностям, свойственным жидким металлам. В следующей структурной области локальные флуктуации плотности настолько возрастают, что ионы, попавшие в зону разрежения, создают локальные силовые центры, и электроны проводимости захватываются этими центрами. В результате существенно понижается концентрация электронов проводимости. В верхнем пределе исчезает металлическая проводимость. Третья область ( $\rho < \rho_{\text{крит}}$ ) — область с электропроводностью, характерной для плотных ионизованных газов. Она может быть описана методами, развитыми для плотной плазмы [11, 12].

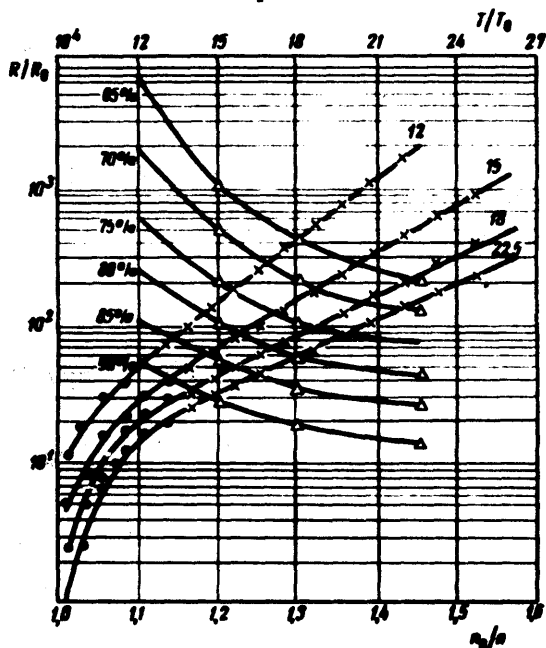


Рис. 1. Зависимость относительного электрического сопротивления системы металлических шаров от их концентрации и "температуры"

Для исследования структурных изменений при понижении плотности металла в качестве первого приближения автор попытался использовать следующую заведомо упрощенную механическую модель. Реальные атомы заменялись металлическими шарами, приводимыми в беспорядочное ("тепловое") движение на специальном вибростенде. Понижение реальной плотности моделировалось уменьшением количества шаров в заданном объеме. Одновременно производилось измерение электропроводности системы шаров в изоляционной трубке с электродами на торцах. Открывая на короткое время малое отверстие в торце цилиндра, можно было определять длину свободного пробега шаров и их распределение по скоростям, а, следовательно, если плотность фиксирована, и их "температуру". Общее число шаров в системе составляло 1000 штук.

На рис. 1 показаны кривые зависимости электрического сопротивления от обратной плотности для разных "температур"  $T$  шаров и от температуры при постоянных значениях концентрации. Эти результаты могут быть представлены формулой

$$R = R_0 \exp\left(\frac{A}{\rho} - \frac{B}{T^{5/2}} + \frac{C}{\rho T^{5/2}}\right), \quad (1)$$

где  $A, B, C$  – постоянные коэффициенты (проводимость обусловлена образованием проводящих цепочек). Эта формула также хорошо описывает электропроводность ртути. На рис. 2 точками показаны экспериментальные данные, относящиеся к ртути [3], а крестиками – значения сопротивления, рассчитанные по формуле (1).

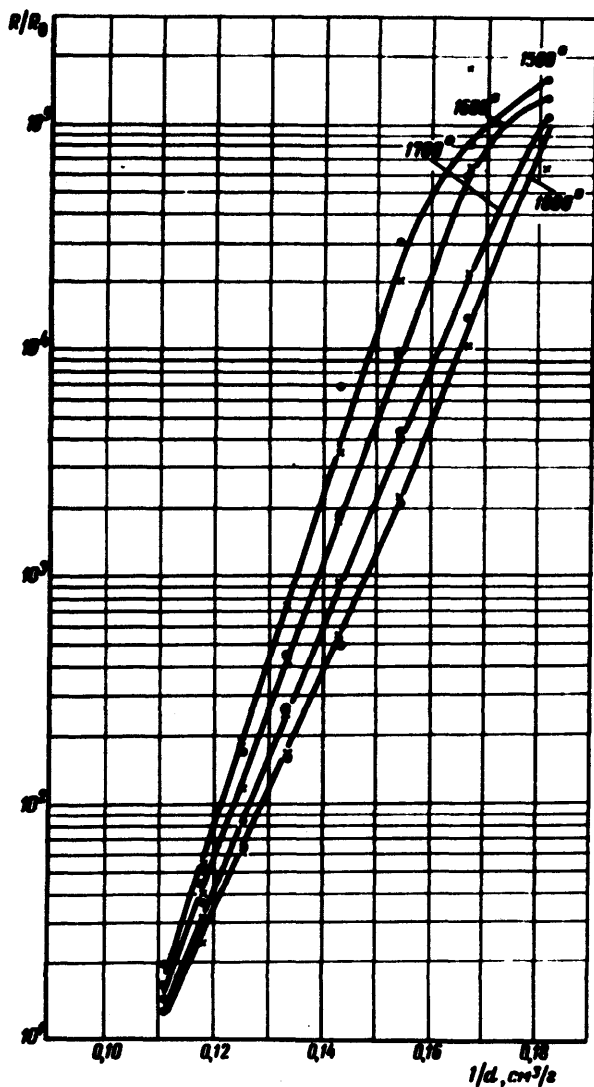


Рис. 2. Зависимость относительного электрического сопротивления ртути от плотности

Это совпадение нам представляется не случайным. Оно показывает, что плавное изменение электропроводности с плотностью можно объяснить без привлечения коллективного эффекта межэлектронной корреляции. При низких плотностях сопротивление системы шаров становится бесконечным, тогда как у ртути меняется характер зависимости сопротивления от плотности. Это можно объяснить тем, что начинает преобладать плазменная проводимость.

Таким образом, мы имеем два четких предела. Первый предел соответствует изменению температурного коэффициента сопротивления

ртути при плотности около  $9 \text{ г/см}^3$  [3]. Его можно назвать пределом "плотной упаковки". Этот предел прослеживается и в случае системы шаров (см. рис. 1). Второй предел, можно назвать "пределом металлической проводимости". Начиная с этого предела, увеличение температуры не приводит к образованию цепочек, через которые может осуществляться металлическая проводимость. Условная граница перехода смещается при подходе к пределу. Вблизи критической плотности наблюдается смещение к более низким плотностям с увеличением температуры. Линия перехода пересекает критическую изобару перехода металл — диэлектрик только в критической точке, а не идет вдоль изобары, как это утверждалось в работе [13]. Приведенные результаты позволяют сделать важные выводы о характерном размере атома и предельных возможностях химических связей.

Автор благодарит А.М.Дыхне и Л.В.Келдыша за многочисленные полезные обсуждения.

Поступила в редакцию  
16 июля 1971 г.

### Литература

- [1] И.К.Кикоин, А.П.Сенченков, Э.Б.Гельман, М.М.Корсунский, С.П.Наурызак. ЖЭТФ, 49, 129, 1965.
- [2] F.U.Frank, F.Hansel. Phys. Rev., 141, 109, 1966.
- [3] И.К.Кикоин, А.П.Сенченков. Физика металлов и металловедение, 24, 5, 843, 1967.
- [4] V.A.Alekseev. 8 Intern. conf on Phenomena in Ionized Gases, Vienna, 319, 1967.
- [5] В.А.Алексеев. ТВТ, 6, 961, 1968.
- [6] H.Renkert, F.Hansel, E.U.Frank. Phys. Lett., №9, 1969.
- [7] В.А.Алексеев, В.Ф.Овчаренко, Ю.Ф.Рыжков, А.П.Сенченков. Письма в ЖЭТФ, 12, 306, 1970.
- [8] В.А.Алексеев. Диссертация, ИАЭ, 1970.
- [9] Ю.С.Коршунов, А.П.Сенченков, Э.И.Асиновский, А.Т.Купавин. ТВТ, 6, 1288, 1970.
- [10] В.А.Алексеев. ТВТ, 8, 641, 1970.
- [11] А.А.Веденов. Конференция по физике плазмы, Фраскати, Италия, 1966.
- [12] В.А.Алексеев, А.А.Веденов. УФН, 102, 665, 1970.
- [13] I.A.Krumhansl. Physics of Solid at high Pressure. Academic Press, 1965.