

УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЦЕЗИЯ В ОБЛАСТИ ДАВЛЕНИЙ 20 – 600 атм И ТЕМПЕРАТУР 500 – 2500°С

В.А.Алексеев, В.Г.Обчаренко, Ш.Ф.Рыжков, А.Н.Сенченков

Уравнение состояния металлов до температур и давлений, превышающих критические измерень, только для ртути [1, 2]. Особый интерес представляет уравнение состояния цезия, так как цезий в отличие от ртути имеет значительно более низкий потенциал ионизации, поэтому при высоких температурах возможна термическая ионизация цезия, что приводит к довольно высокой его проводимости [3, 4]. Ранее для цезия были определены плотности жидкости и пара на линии насыщения методом γ -счета от радиоактивного цезия до температур 1770°С [5]. Для измерения уравнения состояния нами также был использован γ -счет Cs^{134} ($E = 0,506$ Мэв).

Наш элемент, в отличие от элемента работы [5], позволял измерять давления, что дало возможность измерить уравнение состояния цезия. Измерительный элемент показан на рис. 1. Он обеспечивает чистоту цезия благодаря герметизации ячейки. Давление рабочего газа — аргона в камере, куда помещался измерительный элемент, передавалось в измерительную ячейку через сильфон из нержавеющей стали. Для того,

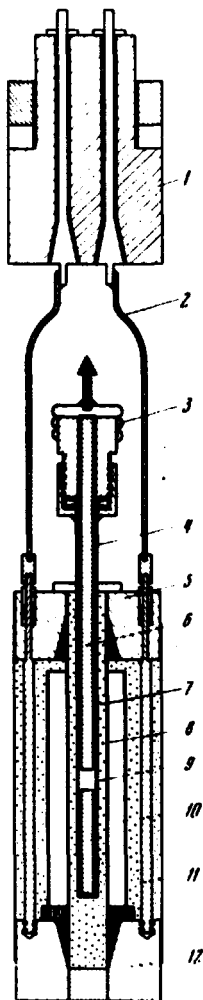


Рис. 1. Измерительный элемент: 1 — об-
 тюратор, 2 — электроввод, 3 — сильфон
 с цезием, 4 — вольфрамовая трубка,
 5 — верхний электрод печи, 6 — вольф-
 рамовая вставка, 7 — нитрид бора,
 8 — графитовый нагреватель, 9 — тер-
 мопара, 10 — нитрид бора, 11 — окись
 циркония, 12 — нижний электрод печи

чтобы обеспечить источник цезия, близкий к точечному, в измерительной трубке все свободное пространство заполнялось стержнем из вольфрама, оставляя зазор между стержнем и дном трубки порядка 1–2 мм, который заполнялся цезием. В качестве нагревателя использовалась графитовая трубка. Для устранения конвективного перемешивания аргона и теплоизоляции между стенками нагревателя и корпусом ячейки насыпался порошок термоизоляции на основе нитрида бора и окиси циркония. Для измерения температур использовалась вольфрам-ренийевая термомпара ВР-5 — ВР-20 с калибровкой до 2100°C. γ -излучение выводилось из камеры через окошко и коллимировалось с помощью

свинцового коллиматора. Для регистрации γ -квантов использовался сцинтиллятор CsJ и фотоумножитель. В установке для регистрации показаний терморпары использовался цифровой милливольтметр для измерения интенсивности γ -счета – счетное устройство. Показания приборов печатались на перфокартах. Результаты измерений обрабатывались на ЭВМ. Результаты измерений уравнения состояния цезия показаны на рис. 2. Плотность цезия измерялась с точностью $\pm 0,005 \text{ г/см}^3$. Точность градуировочной кривой терморпары: $\pm 5^\circ\text{C}$. γ -счет составлял 400 – 700 *имп.сек.*

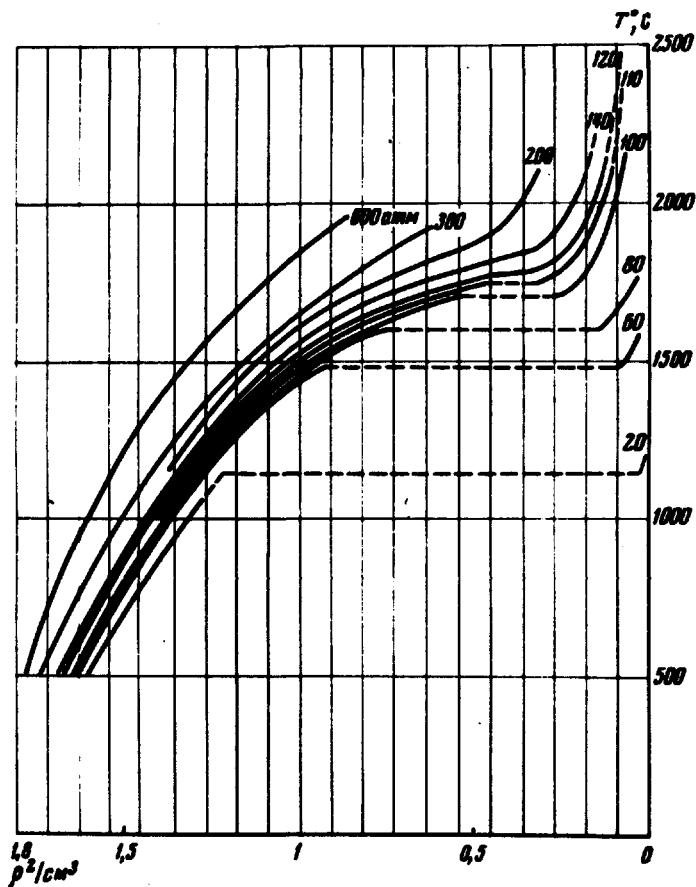


Рис. 2. Уравнение состояния цезия

Всего было снято более трех тысяч экспериментальных точек. В таблице приведены значения плотности через интервал 250°C . Основные реперные точки цезия брались для давления 20 *атм* из работы [6] и служили для проверки правильности поправок на внутренний фон, расширения вольфрамовой трубки и др. Результаты, полученные при температурах, превышающих 2100°C , приводились к температуре экстраполяции градуировочной кривой в область температур 2500°C , поэтому они показаны на рис.2 пунктиром. Методом прямолинейного диаметра были определены параметры критической точки цезия: $T_{\text{кр}} = 1760 \pm 20^\circ\text{C}$; $P_{\text{кр}} = 115 \pm 5 \text{ атм}$; $\rho_{\text{кр}} = 0,4 \pm 0,02 \text{ г/см}^3$.

$P, \text{ атм}$ $T^\circ, \text{ C}$	20	60	80	100	110	120	140	200	300	600
500	1,615	1,630	1,655	—	—	1,685	1,690	—	1,740	1,775
750	1,485	1,525	1,530	—	—	1,570	1,685	—	1,640	1,710
1000	1,320	1,365	1,380	1,395	1,405	1,415	1,440	—	1,510	1,605
1250	—	1,185	1,205	1,215	1,240	1,245	1,285	1,310	1,355	1,485
1500	—	0,090	0,920	0,955	0,980	1,015	1,060	1,110	1,150	1,310
1750	—	—	0,041	—	0,315	0,495	0,500	0,755	0,875	0,880
2000	—	—	—	0,100	0,140	0,160	0,230	0,375	—	—
2250 ¹⁾	—	—	—	—	0,098	0,100	0,155	—	—	—
2500	—	—	—	—	0,060	0,080	—	—	—	—

¹⁾ Градуировка температуры экстраполяцией от 2100°C.

Эти параметры находятся в пределах ошибок измерений параметров критической точки, полученных другими методами [4,5,7]. Есть незначительные расхождения по критическому давлению с работой [7], но там не приведены значения ошибок. Сравнение уравнения состояния цезия с уравнением состояния ртути показывает, что в газовой фазе сжимаемости ртути и цезия совпадают, а в жидкой фазе сжимаемость цезия значительно превышает сжимаемость ртути. Сопоставляя уравнения состояния цезия с измерениями электропроводности цезия при аналогичных давлениях и температурах [3,4] можно сказать, что уменьшение плотности цезия на 30% приведет к изменению проводимости цезия на три порядка.

Поступила в редакцию
18 августа 1970 г.

Литература

- [1] И.К.Кикоин, А.П.Сенченков, Э.Б.Гельман, М.М.Корсунский, С.П.Наурзаков. ЖЭТФ, 49, 129, 1965; И.К.Кикоин, А.П.Сенченков. Физика металлов и металловедение, 24, 843, 1967.
- [2] F.U.Franck, F.Hensel. Phys. Rev., 141, 109, 1966; F.U.Franck, F.Hensel. Berichte der Bunsengesellschaft 70, 1154, 1966.
- [3] V.A.Alekseyev. 8 International Conf. on Phenomena in ionized gases, 1967, Vienna; В.А.Алексеев. ТВТ, 6, 961, 1968.
- [4] H.Renkert, F.Hensel, E.U.Franck. Phys. Lett., 30A, 494, 1969.
- [5] I.G.Dillon, P.A.Nelson, B.S.Swanson. J.Chem. Phys., 44, 4229, 1966.
- [6] C.T.Ewing, S.P.Stone, S.P.Spann, E.W.Steinkuller, D.D. Williams, R.R.Miller. NRL, report 6246, 1965.
- [7] C.F.Bonilla, G.F.Oster, J.L.Silver. report AT-2660-40, 1968.