

Является ли пар цезия вблизи линии конденсации плазмой?

О.Д. Захарова, Н.П. Петкогло, А.М. Семёнов

Московский энергетический институт (Технический университет)

В работах [1,2] методом ослабления потока γ -излучения измерена плотность цезия в очень широком диапазоне температур и давлений, охватывающем состояния пара, жидкости и сверхкритического флюида. Анализ данных, полученных для пара в докритической и околокритической области, показал, что сжимаемость $z = p/(\rho RT)$ (p — давление, ρ — плотность, R — индивидуальная газовая постоянная) при температурах 1700–2200 К ($T_{кр} \approx 2040 \pm 20$ К [1]) и давлениях от 2 до 6 МПа ($p_{кр} \approx 11,8 \pm 1,0$ МПа [1]) принимает значения от 1 до 1,3. При этом отношение давления к упругости насыщенного пара (а при сверхкритических температурах — к критическому давлению) находится в пределах 0,3–0,5, т.е. пар является достаточно разреженным.

Поскольку, как известно, в рассматриваемой области параметров состояния атомы цезия энергично притягиваются, что, в частности, приводит к образованию в паре заметного количества димеров Cs_2 , сжимаемость газа «в норме» должна быть меньше 1. Рассматриваемый эффект можно объяснить только присутствием лёгких частиц, которые повышают давление, но не вносят вклада в плотность — т.е. электронов. Следовательно, данные [1,2] указывают на заметную ионизацию пара цезия. Этот вывод авторов [1,2], обоснованный теоретическими оценками, был активно поддержан другими специалистами в области неидеальной плазмы, которые доказывали, что аномальная ионизация пара цезия обусловлена образованием многоатомных заряженных кластеров.

Авторы данного сообщения, используя малоконстантное полуэмпирическое уравнение состояния для расчёта термодинамических свойств паров щелочных металлов, выполнили совместный статистический анализ имеющихся экспериментальных данных о плотности пара цезия. Было установлено, что результаты большинства измерений удовлетворительно (в пределах 1–3%) согласуются друг с другом, в то время как расхождения их с данными [1,2] в рассматриваемой области температур и давлений неприемлемо велики (20–30%). Справочные данные [4], в основу которых положены результаты измерений МАИ (Н.Б. Варгафтик) и исследовательской лаборатории ВМС США (С.Т. Ewing), демонстрируют вполне «нормальное» поведение пара цезия при тех же давлениях и температурах, где данные [1,2] указывают на аномалию: z находится в пределах 0,85–0,95. Отсюда следует, что данные [1,2] ошибочны, по крайней мере, в обсуждаемой области параметров состояния.

Авторы убедились также, что получить в теоретическом расчёте такую степень ионизации пара цезия, чтобы воспроизвести данные [1,2], в принципе невозможно. Для оценки расчёт сжимаемости по указанному выше уравнению состояния был дополнен учётом вклада однократной ионизации атомов. Если использовать в расчёте «настоящее» значение энергии ионизации атома цезия, то вклад ионизации, естественно, повышает сжимаемость на совершенно ничтожную величину 10^{-5} – 10^{-6} . Но даже если вместо энергии ионизации использовать работу выхода электрона из твёрдого цезия, ниже которой энергия ионизации не может оказаться ни при какой неидеальности, то сжимаемость увеличится всего лишь на 10^{-3} вместо требуемых 0,2–0,3.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коршунов Ю.С., Сенченков А.П., Асиновский Э.И. и др. // ТВТ. 1970. Т. 8. № 6. С. 1288.
2. Коршунов Ю.С., Ветчинин С.П., Сенченков А.П. и др. // ТВТ. 1975. Т. 13. №3. С. 517.
3. Vargaftik N.B., Voljak L.D., Stepanov V.G. Handbook of Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals / R.W. Ohse ed. IUPAC chemical data series No. 30. – Oxford, UK: Blackwell Sci. Publ., 1985. P. 641.