

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P14-86-57

А.П.Симкина

К ВОПРОСУ О ХАРАКТЕРЕ ПОВЕДЕНИЯ
КРИТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА β
КСЕНОНА, ГЕЛИЯ-3, ГЕПТАНА, Н-ПЕНТАНА
И БЕНЗОЛА

Направлено в сборник "Теплофизические
свойства веществ и материалов"

1986

При изучении кривых сосуществования (КС) жидкость - пар используются как различные экспериментальные методы, так и разные методы обработки этих данных. В ряде работ /1-5/ по КС эффективный критический показатель β ($\beta = \frac{\Delta \rho \Delta p}{\rho_c \tau \Delta z}$) является константой в области $\tau = 10^{-2} + 10^{-3}$, где $\tau = \frac{T_c - T}{T_c}$, T_c - критическая температура, Δp - разность плотностей жидкости и газа; при дальнейшем приближении к критической температуре ($\tau < 10^{-3}$) наблюдается его уменьшение. В некоторых работах /6-10/ β - константа в более широкой области температур ($\tau = 10^{-2} + 10^{-4}$). Это разногласие в характере поведения инициировало провести дополнительный анализ данных по КС гелия-3 /6/, ксенона /7/, гептана /8/, н-пентана /9/ и бензола /10/, полученных соответственно диэлектрическим методом, методом поглощения звука и оптическим методом Тейлера (последние три вещества). Предпринята попытка выяснить, чем объясняется указанное различие в поведении β (характер которого должен быть он универсальным) - точностью эксперимента, методом обработки или другими возможными причинами. На наш взгляд, представляет интерес метод обработки, впервые примененный Балзарини и использованный в дальнейшем в работах /2,3/. Он позволяет анализировать не полный многочлен, а добавки к основному члену (например, $\tau^{0,32}$). КС анализируются в координатах $\lg \frac{\Delta p}{\rho_c \tau \Delta z}$ от $\lg \tau$, где Δp может равняться $\rho_* - \rho_r$ или $\rho_{*,r} - \rho_k$ (ρ_* , ρ_r и ρ_k - плотности жидкости, газа и критическая соответственно). Тангенс угла наклона КС в этих координатах представляет собой добавку к $\beta = 0,32$.

Результаты обработки таким методом КС гелия-3, ксенона, гептана, н-пентана и бензола приведены на рис. 1-3. В данной работе $\Delta p = \rho_* - \rho_r$ для всех веществ, кроме ксенона, для которого $\Delta p = \rho_{*,r} - \rho_k$. Усами обозначены отклонения, возникающие с учётом эмпирической ошибки в T_c , равной 0,0002 К для гелия-3, 0,005 К для гептана и 0,01 К для н-пентана.

Как видно из рис.1, в случае гелия-3 β - константа до $\tau = 3 \cdot 10^{-3}$, в интервале же $\tau = 3 \cdot 10^{-3} + 10^{-3}$ наблюдается его уменьшение. Для трёх наиболее близких к критической температуре точек влияние эмпирической ошибки определения T_c очень велико, поэтому для интервала $\tau = 10^{-3} + 10^{-4}$ нельзя извлечь информации о β . Для ксенона (см. рис.1) для жидкостной и газовой ветвей β - константа до $\tau = 7 \cdot 10^{-4}$, следовательно, в этой области β - константа и для $(\rho_* - \rho_r)$.

В области τ , более близкой к критической точке ксенона, однозначного вывода о значении β для ρ_* - ρ_r сделать нельзя.

КС н-пентана и бензола измерены с большим разбросом. Тем не менее, в используемых координатах в случае н-пентана (рис. 2) можно

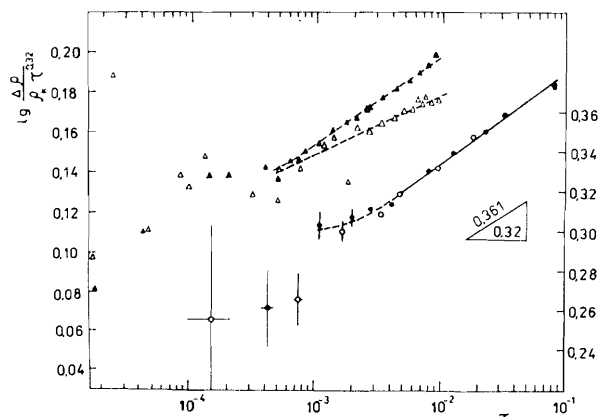


Рис. 1. Кривая сосуществования ксенона и гелия-3.

Δ , \blacktriangle - ксенон (Δ - газовая ветвь, \blacktriangle - жидкостная). \circ , \bullet - гелий-3. \circ - изотермические данные, \bullet - изобарические данные. Слева - шкала для ксенона, справа - для гелия-3. На треугольнике под кривыми обозначена шкала экспонент.

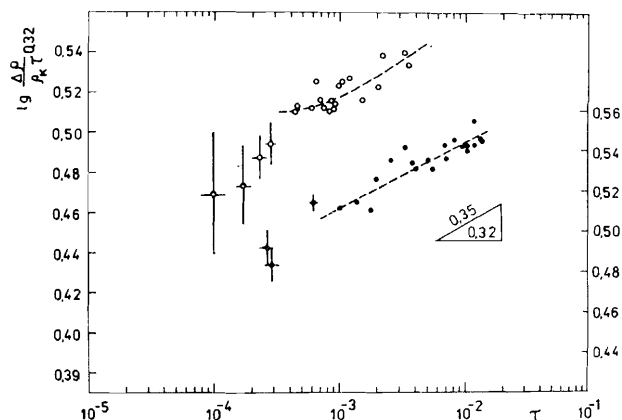


Рис. 2. Кривая сосуществования бензола и н-пентана.

\circ - н-пентан, \bullet - бензол. Слева - шкала для н-пентана, справа - для бензола. На треугольнике под кривыми обозначена шкала экспонент.

заметить тенденцию к уменьшению β . КС бензола в области $\tau < 7 \cdot 10^{-4}$ имеет только две экспериментальных точки.

Как видно из рис. 3, на КС гептана разброс экспериментальных точек мал и β - константа до такой же области τ , как и для ксенона ($6 + 7 \cdot 10^{-4}$). При меньших τ влияние эмпирической ошибки в T_c также существенно. Кроме того, в данном случае наблюдается некоторый завал экспериментальных точек, что может быть вызвано, по-видимому, завышением критической температуры или аппаратными причинами, поскольку менее убедительно предположить увеличение критического индекса по мере приближения к критической точке.

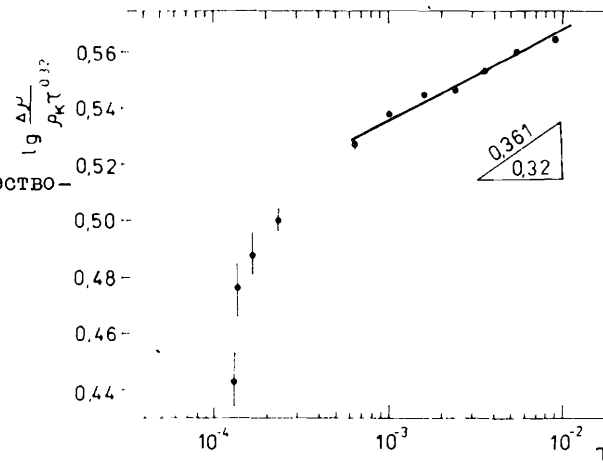


Рис. 3. Кривая сосуществования гептана.

На треугольнике под кривой обозначена шкала экспонент.

Таблица

Вещество	$\beta(a)$	Область τ	$\beta(b)$	Область τ
гелий-3	$0,366 \pm 0,003$	$4 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-2}$	$0,361 \pm 0,005 / 6/$	$1,5 \cdot 10^{-4} + 8 \cdot 10^{-2}$
ксенон			$0,357 \pm 0,002 / 7/$	$1,5 \cdot 10^{-4} + 8 \cdot 10^{-3}$
гептан	$0,353 \pm 0,003$	$7 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-3}$	$0,361 \pm 0,008 / 8/$	$1,5 \cdot 10^{-4} + 9 \cdot 10^{-3}$
н-пентан			$0,35 \pm 0,02 / 10/$	
бензол			$0,35 \pm 0,02 / 9/$	

а) значения, полученные в данной работе методом наименьших квадратов после обработки по методу Балзарини (для интервалов τ , указанных в третьем столбце);

б) значения, полученные в оригинальных работах для интервалов τ , указанных в пятом столбце.

Ввиду более тонкого анализа удалось определить более правильное значение β для гептана и гелия-3 на том участке, где оно не меняется, поскольку из рис. 1 и 3 ясно, какую область для этого надо

взять. Результат определённых значений и ошибок приведен в таблице наряду со значениями β , полученными в оригинальных работах. В третьем столбце указаны интервалы τ , до которых β -константа.

Усреднение по большому интервалу τ ($1,5 \cdot 10^{-4} + 8 \cdot 10^{-3}$) (как видно из таблицы) даёт смещенные значения критического индекса β .

Таким образом, в результате проведенного анализа по методу Балзарини показано, что:

1. Для всех рассмотренных в данной работе веществ β является константой в области τ от $7 \cdot 10^{-4} + 4 \cdot 10^{-3}$ до $10^{-2} + 10^{-1}$.

2. Метод Балзарини позволяет точно определить область τ , где β - константа, и в этой области для гептана и гелия-3 определены несмещенные значения показателя КС. Усреднение же по всему интервалу τ ($10^{-4} + 10^{-2}$) даёт смещенные значения критического индекса.

3. При дальнейшем приближении к критической точке извлечь информацию о поведении β в случае ксенона, бензола и гептана мешает соответственно большой разброс экспериментальных точек, недостаточное количество их в этой области τ и наличие аппаратурных погрешностей.

4. Для двух веществ: гелия-3 и н-пентана, тенденция к уменьшению критического индекса β в области $\tau < 7 \cdot 10^{-4} + 3 \cdot 10^{-3}$ свидетельствует в пользу универсальности его поведения.

Автор благодарит Ю.М.Останевича за обсуждение работы и замечания.

Литература

1. Balzarini D., Ohrn K. Phys.Rev.Lett., 1972, 29, p.840.
2. Balzarini D., and Burton M. Can.J.Phys., 1979, 57, p.1516.
3. Pittman Ch., Doiron Th. and Meyer H. Phys.Rev., 1979, 206, p.3678.
4. Hayes C.E., Carr H.Y. Phys.Rev.Lett., 1977, 39, p.1558.
5. Garland C.W., Thoen Y. Phys.Rev., 1976, 13A, p.1601.
6. Wallace B. and Meyer H. Phys.Rev., 1970, 2A, p.1563.
7. Thoen J. and Garland C.W. Phys.Rev., 1974, 10A, p.1311.
8. Артюховская Л.М., Шиманская Е.Т., Шиманский Ю.И. ЖЭТФ, 1972, 63, с. 2159.
9. Артюховская Л.М., Шиманская Е.Т., Шиманский Ю.И. УФЖ, 1970, 15, с. 1974.
10. Артюховская Л.М., Шиманская Е.Т., Шиманский Ю.И. ЖЭТФ, 1970, 59, с. 688.

Рукопись поступила в издательский отдел
29 января 1986 года.

Симкина А.П.

P14-86-57

К вопросу о характере поведения критического индекса β ксенона, гелия-3, гептана, н-пентана и бензола

Для анализа данных использовался метод, впервые примененный Балзарини и заключающийся в том, что данные по кривым сосуществования (КС) представляются в координатах $\lg \frac{\Delta\rho}{\rho_k r^{0,32}}$ от $\lg r$. Проанализированы данные по КС ксенона, гелия-3, гептана, н-пентана и бензола. Для всех, рассмотренных в данной работе веществ, β является константой в области r от $7 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-3}$ до $10^{-2} - 10^{-1}$. В этой области для гептана и гелия определены несмещенные значения показателя КС. При дальнейшем приближении к критической точке извлечь информацию о поведении β в случае ксенона, бензола и гептана мешает соответственно большой разброс экспериментальных точек, недостаточное количество их в этой области r и наличие аппаратурных погрешностей. Для двух веществ, гелия-3 и н-пентана, тенденция к уменьшению критического индекса β в области $r < 7 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$ свидетельствует в пользу универсальности его поведения.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Simkina A.P.

P14-86-57

On the Behaviour of Critical Index of Xenon, Helium-3, Heptane, n-Pentan and Benzene

The Balsarini method has been used to analyse the data. Here the data on coexistence curves (CC) are represented in coordinates $\lg \frac{\Delta\rho}{\rho_k r^{0,32}}$ from $\lg r$. The data on CC of xenon, helium-3, heptane, n-pentan and benzene. For all the matters considered β is constant within the $7 \cdot 10^{-4} - 4 \cdot 10^{-3}$ upto $10^{-2} - 10^{-1}$ range. In this region unbiased values of CC Index have been determined for heptane and helium-3. At further approach to critical point it is difficult to derive information about the behaviour of β in the case of xenon, benzene and heptane. For helium-3, n-pentan tendency to decreasing the critical index in the $r < 7 \cdot 10^{-4} - 3 \cdot 10^{-3}$ region evidences in favour of its behaviour universality.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986