

СИНГУЛЯРНОСТЬ ДИАМЕТРА КРИВОЙ СОСУЩЕСТВОВАНИЯ ЭТАНА

Л. А. Булавин, Ю. И. Шиманский

С целью изучения температурной зависимости диаметра кривой сосуществования этана методом пропускания медленных нейтронов получены данные о положении границы раздела фаз при $10^{-3} < |\tau| < 5 \cdot 10^{-2}$. Найденные значения $1 - \alpha - \beta = 0,57 \pm 0,04$ и $\beta = 0,337 + 0,006$ согласуются с результатами масштабной теории: $\rho_d \sim |\tau|^{0,91 \pm 0,05}$.

Современные теории критических явлений [1] предсказывают сингулярное поведение диаметра кривой сосуществования (ДКС) жидкость–пар $\rho_d \sim |\tau|^{1-\alpha}$, где $\rho_d = (\rho_m + \rho_\Gamma)/2$, ρ_m , ρ_Γ — плотности сосуществующих фаз, $\tau = (T - T_{кр})/T_{кр}$, α — критический показатель, значение которого $\alpha \approx 0,077$ получено методом ренормализационной группы [1]. Впервые сингулярное поведение ДКС было обнаружено в [2], а в дальнейшем подтверждено работами [3]. Для определения степени сингулярности ДКС проведен эксперимент по исследованию положения границы раздела жидкость – пар (мениска) при различных температурах и средних плотностях заполнения образца этаном, предложенный в [4]. Для температурного интервала $10^{-3} < |\tau| < 5 \cdot 10^{-2}$, в котором влияние гравитационного поля на распределение плотности сосуществующих фаз по высоте несущественно [5], а вклад неасимптотических членов в уравнение кривой сосуществования незначителен [6], относительное смещение мениска от середины образца в соответствии с расширенной теорией масштабных преобразований [1] имеет вид:

$$\frac{2l}{L} = \frac{B_1 |\tau|^{1-\alpha} - D}{B_0 |\tau|^\beta}, \quad (1)$$

где l — смещение мениска от середины образца, β — критический показатель кривой сосуществования, L — высота образца, $D = (\bar{\rho} - \rho_{кр}) / \rho_{кр}$ относительное отклонение средней плотности вещества в образце от ее критического значения. При $\bar{\rho} = \rho_{кр}$ из [1] следует $l \sim |\tau|^{1-\alpha-\beta}$, что позволяет исследовать ДКС методом движения мениска.

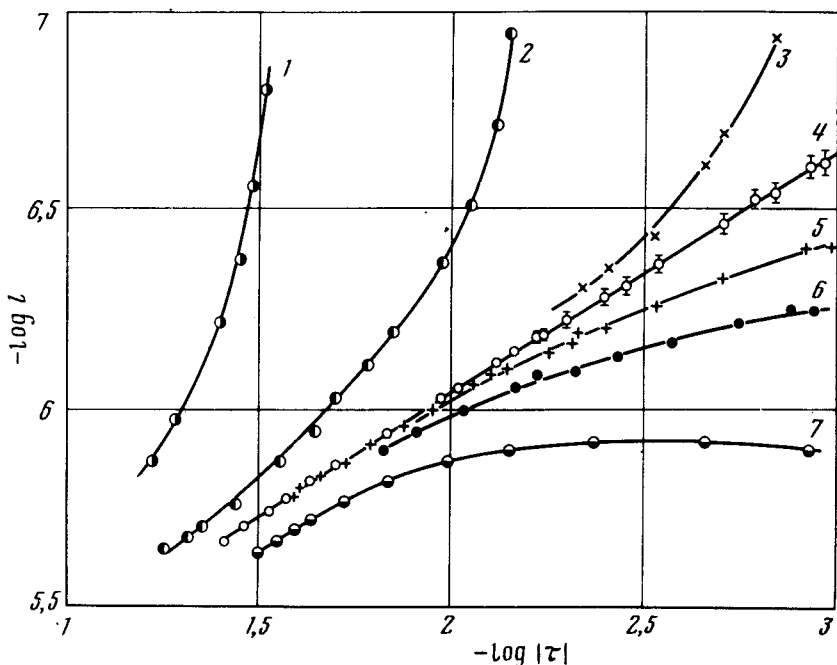


Рис. 1. Температурная зависимость положения мениска в этане для $\bar{\rho}$ (г/см³): 1 — 0,2103; 2 — 0,2066; 3 — 0,2062; 4 — 0,2060; 5 — 0,2058; 6 — 0,2056; 7 — 0,2052

Положение мениска в этане при различных $\bar{\rho}$ и T определялось методом пропускания медленных нейтронов [7]. Термостатируемый плоский образец постоянного сечения $S = 5 \text{ см}^2$ перемещался в узком пучке нейтронов с минимальным шагом по высоте 0,05 мм, что позволяло определять положение границы раздела фаз по скачку пропускания нейтронов с точностью 0,1 мм для $|\tau| > 10^{-3}$. Схема каскадного термостатирования обеспечивала стабильность температуры с точностью 0,001°C при температурных градиентах по высоте ($L = 20 \text{ см}$) образца $\nabla T < 10^{-6}$ град/см. Изменение $\bar{\rho}$ осуществлялось выпуском газа из образца с измерением объема газа при нормальном давлении, что позволяло определять $\bar{\rho}$ с точностью 0,02%. Чистота исследуемого этана составляла 99,96%. Значение $T_{кр}$ ($32,197 \pm 0,005$)°C найдено нами по исчезновению скачка в пропускании нейтронов при перемещении пучка нейтронов из одной фазы в другую. Данные о движении мениска в логарифмическом масштабе представлены на рис. 1. Серия экспериментов при различных $\bar{\rho}$ позволила согласно [1] определить значение $\rho_{кр} = (0,2058 \pm 0,0001) \text{ г/см}^3$ и для $\bar{\rho} = \rho_{кр}$ установить показатель степени

температурной зависимости смещения мениска от середины образца: $1 - \alpha - \beta = 0,57 \pm 0,04$ с учетом ошибок измерения τ , l . С целью определения критического показателя β в указанном температурном интервале нами построена зависимость

$$|l_1(\bar{\rho}_1, \tau)| + |l_2(\bar{\rho}_2, \tau)| = 2B_0^{-1} D|\tau|^\beta$$

для $\bar{\rho}_1 = 0,1782$ г/см³ и $\bar{\rho}_2 = 0,2335$ г/см³ ($\bar{\rho}_1 - \rho_{\text{КР}} \approx \rho_{\text{КР}} - \bar{\rho}_2$) представленная в логарифмическом масштабе на рис. 2. Найденные значения $\beta = 0,337 \pm 0,006$ и значение $1 - \alpha - \beta$ позволяют сделать вывод,

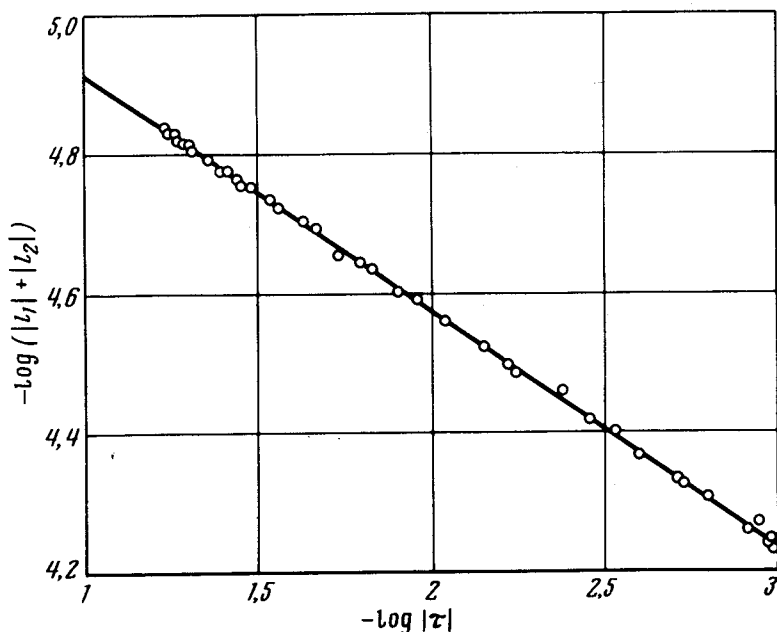


Рис. 2. Определение критического показателя кривой сосуществования этана методом смещения мениска

что в температурном интервале $10^{-3} < |\tau| < 5 \cdot 10^{-2}$ $1 - \alpha = 0,91 \pm 0,05$, что свидетельствует о сингулярности диаметра кривой сосуществования этана.

Киевский
государственный университет
им. Т.Г.Шевченко

Поступила в редакцию
19 марта 1979 г.

Литература

- [1] А.З.Паташинский, В.Л.Покровский. Флуктуационная теория фазовых переходов. М., изд. Наука, 1975.
[2] Л.М.Артюховская, Е.Т.Шиманская, Ю.И.Шиманский. ЖЭТФ, 63, 2159, 1972.

- [3] J.Weiner, K.H.Langley, N.G.Ford. Phys. Rev. Lett., 32, 879, 1974;
E.S.R.Gopal, R.Ramachandra, P.Chandra Seknar, K.Govindazajan,
S.V.Subramanyam. Phys. Rev. Lett., 32, 284, 1974; Д.Ю.Иванов,
Л.А.Макаревич, О.Н.Соколова. Письма в ЖЭТФ, 20, 272, 1974.
- [4] А.Т.Берестов, Е.Е.Городецкий, В.М.Запрудский. Письма в ЖЭТФ,
21, 56, 1975.
- [5] P.C.Hoenberg, M.Barmatz. Phys. Rev., A6, 289, 1972.
- [6] B.S.Maccaby, J.A.White. Phys. Lett., 60, 179, 1977.
- [7] Л.А.Булавин, П.Ф.Иваницкий, Ю.Б.Мельниченко, Ю.И.Шиманский.
Укр. физ. ж., 23, 1125, 1978.
-