

Полагая $D = \frac{dr^*(t)}{dt}$, приходим к следующему уравнению для закона движения ударной волны:

$$t = \int_0^{r^*} \frac{dr}{\sqrt{\frac{\gamma E_0}{(\gamma-1) C m} + \frac{\gamma p_1}{\rho_1}}}, \quad (7)$$

В частном случае, когда $p_1 = \text{const}$, $\rho_1 = \text{const}$ и поэтому $m = \frac{4}{3} \pi \rho_1 r^3$, (7) переходит в соотношение

$$t = \int_0^{r^*} \frac{r^{3/2} dr}{\sqrt{\frac{3\gamma E_0}{4\pi(\gamma-1)\rho_1 C} + \frac{\gamma p_1}{\rho_1} r^3}}. \quad (8)$$

В работе [1] на основе асимптотической зависимости v_2 от $r^*(t)$ для рассмотренного частного случая получена следующая формула:

$$t = \int_0^{r^*} \frac{r^{3/2} dr}{1 + \sqrt{A + Br^3}}.$$

Для автомодельного движения, вызванного сильным взрывом [2], формулы (6) и (8) точно соответствуют закону движения ударной волны. Количественное сравнение зависимости (6) (при $C = \text{const}$) с таблицей рассчитанных значений D для неавтомодельных движений [1] показало расхождение в пределах 10% для больших значений $r^*(t)$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Коробейников В. П., Мельникова Н. С., Рязанов Е. В. Теория точечного взрыва. М.: Физматгиз, 1961. [2] Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. М.: Наука, 1967.

Поступила в редакцию
11.06.81

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1982, Т. 23, № 4

УДК 532.73:536.42

КОЭФФИЦИЕНТ ВЗАИМНОЙ ДИФФУЗИИ СИСТЕМЫ НИТРОБЕНЗОЛ — ГЕПТАН

С. В. Казаков, Н. И. Чернова

(кафедра молекулярной физики)

Измерения коэффициента взаимной диффузии или времени релаксации флуктуаций концентрации в бинарных смесях с критической концентрацией показывают, что поведение этих величин в окрестности критической температуры описывается степенными законами [1]. Однако до сего времени нет единого мнения о характере температурной и концентрационной зависимостей диффузии в широком интервале указанных переменных. Имеющиеся в литературе экспериментальные данные о деталях степенных зависимостей, определяющих свойства коэффициента взаимной диффузии D в области критической точки расщепления, противоречивы. Например, по данным работы [2] крити-

ческий показатель температурной зависимости D равен $2/3$. В работе [3] этот показатель близок к единице.

Целью данной работы является одновременное изучение концентрационной и температурной зависимостей коэффициента взаимной диффузии бинарных жидких систем в возможно более широком интервале концентраций и температур, выявление вида сингулярности коэффициента диффузии при изменении концентрации и температуры.

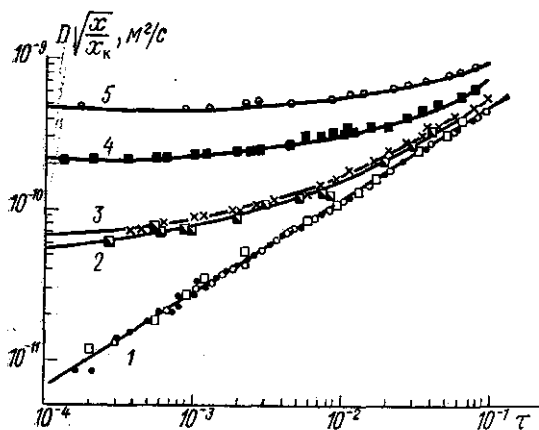


Рис. 1. Температурная зависимость коэффициента взаимной диффузии системы нитробензол — гептан для различных концентраций нитробензола (мас. %): \circ — 52,02; \bullet — 52,11; \square — 52,25 (1); 44,58 (2); 60,25 (3); 36,05 (4); 76,25 (5). Множитель $\sqrt{x/x_k}$ введен для компенсации асимметрии коэффициентов D_0 и D_1 при $\Delta x > 0$ и $\Delta x < 0$

Коэффициент диффузии определялся по спектрам рассеянного света с применением техники гетеродинного детектирования для семи концентраций системы нитробензол — гептан в однофазной области в температурном интервале $10^{-4} \leq \tau \leq 10^{-1}$, где $\tau = (T - T_p)/T_p$, T_0 — температура расслаивания. Критическая концентрация этой системы определена ранее и составляет $x_k = 52,10$ мас. % нитробензола. Верхние границы измеренных концентраций и температур определялись

пределами эффективности гетеродинирования спектрометра [5, 6]. Погрешность определения коэффициента диффузии для температур и концентраций, удаленных от критической точки, составляла 6—7% и менее 5% в области, близкой к ней.

Полуширина спектральной линии рассеянного света в гидродинамической области существования флуктуаций концентрации связана с коэффициентом взаимной диффузии соотношением [7]

$$\Delta\omega_{1/2} = Dq^2,$$

где $q = (4\pi n/\lambda_0) \sin(\theta/2)$ — модуль волнового вектора рассеяния, n — показатель преломления смеси, λ_0 — длина волны излучения в вакууме, θ — угол рассеяния.

На рис. 1 приведено семейство кривых, отображающих температурную и концентрационную зависимости коэффициента диффузии. Анализ этих результатов показывает, что зависимость $D(x, T)$ для исследуемой системы в общем случае может быть представлена суммой степенных функций

$$D(x, T) \sqrt{\frac{x}{x_k}} = D_0 \tau^{v^*} + D_1 \Delta x^m, \quad (1)$$

где D_0 и D_1 являются числовыми коэффициентами, $\Delta x = |x - x_k|/x_k$. Для концентраций, близких к критической, где вторым членом уравнения (1) можно пренебречь, зависимость $D(\tau)$ в логарифмическом масштабе изображается прямой 1. В этом случае при $\tau \leq 8 \cdot 10^{-4}$ зависимость $D(\tau)$ вычислялась из уравнения

$$\Delta\omega_{1/2} = Dq^2(1 + r_K^2 q^2),$$

где радиус корреляции флуктуаций концентрации r_K в зависимости от температуры вычислялся по формуле

$$r_K = r_0 \tau^{-\nu}.$$

Получено, что сингулярность $D(\tau)$ определяется показателем степени $\nu^* = 0,63 \pm 0,02$. Это значение соответствует величине критического показателя $\nu = 0,63 \pm 0,05$, определяющего расходимость радиуса корреляции, что согласуется с результатами работы [8] и с экспериментальными данными для критических составов некоторых бинарных систем [1]. Параметр $r_0 = 2,8 \pm 0,5$ Å. Возможное объяснение несовпадения значений ν^* , полученных различными методами, дано в работе [3].

На рис. 2 приведена температурная зависимость коэффициента диффузии из уравнения (1). Получено, что данные эксперимента для семи измеренных концентраций ложатся на одну кривую и могут быть представлены выражением

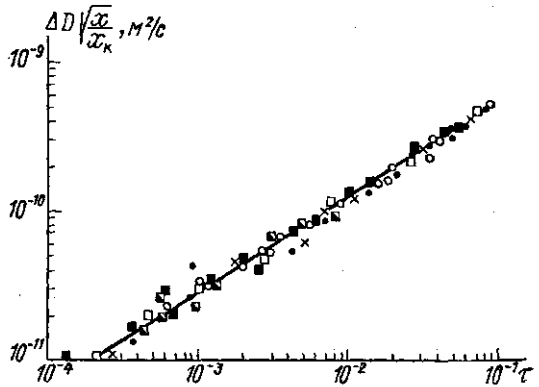


Рис. 2. Зависимость $\Delta D(\tau)$ для семи концентраций системы нитробензол—гептан

$$\Delta D \sqrt{\frac{x}{x_K}} = [D(x, T) - D(x)] \sqrt{\frac{x}{x_K}} = 22 \cdot 10^{-10} \tau^{0,63} \text{ м}^2/\text{с}. \quad (2)$$

Второе слагаемое уравнения (1) описывает сингулярность коэффициента диффузии по параметру порядка. Зависимость сходного вида была получена экспериментально для двойных расслаивающихся систем в работе [2] методом Монтано—Больцмана с измерением градиента концентрации теньвым методом. В отличие от данных работы [2], где концентрационная зависимость D определялась по изотермам, второй член уравнения (1) определяет эту зависимость по кривым $\tau = \text{const}$. По предварительным данным нашего эксперимента показатель степени $m = 1,9$, среднее значение $D_0 = (20 \pm 1) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, $D_1 = (22 \pm 1) \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Авторы выражают глубокую благодарность Л. П. Филиппову за обсуждение результатов и замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Анисимов М. А. УФН, 1974, 114, № 2, с. 248. [2] Благой Ю. П., Сохан В. И., Павличенко Л. А. ЖЭТФ, 1971, 60, № 3, с. 1071. [3] Скрипов В. П., Виткалов В. С., Колпиков Ю. Д. В кн.: Фазовые превращения и неравновесные процессы. Свердловск, 1980, с. 88. [4] Чернова Н. И., Блинова А. В. Журн. физ. химии, 41, № 7, с. 1792. [5] Чернова Н. И., Казаков С. В. В кн.: Физика и физико-химия жидкостей. М.: Изд-во МГУ, 1980, вып. 4, с. 158. [6] Казаков С. В., Чернова Н. И. Оптика и спектроскопия, 1980, 49, № 2, с. 404. [7] Mountain R. D., Deutch J. M. J. Chem. Phys., 1969, 50, N 3, p. 1103. [8] Swift J. Phys. Rev., 1968, 173, N 1, p. 257.