

## МОЛЯРНЫЕ ОБЪЕМЫ РАСТВОРОВ И СУСПЕНЗИЙ

Кристаллизация, растворение, диффузия и другие процессы в растворах и суспензиях зависят от взаимодействия молекул растворителя и растворенного вещества (и его кристаллов). В физико-химических расчетах пользуются молярными массами чистых веществ и их смесей [1,2]. Часто удобно знать молярный объем  $V_\mu$  рассматриваемой смеси, т. е. объем, приходящийся на 1 моль или  $6,0221 \cdot 10^{23}$  (число Авогадро) равномерно распределенных молекул смеси. Для тепловых расчетов предложена киломолярная единица Длины [4], представляющая собой длину ребра куба, в котором размещен 1 моль вещества. Удобство такой единицы длины заключается в том, что для всех веществ независимо от их агрегатного состояния по длине  $V_\mu^{1/3}$  содержится одно и то же количество молекул.

Молярный объем смеси

$$V_\mu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{V}{k} = \frac{m}{\rho k} = \frac{m}{\rho \sum \frac{g_i}{\mu_i}}, \quad (1)$$

где  $\mu$ ,  $\rho$ ,  $V$ ,  $m$ ,  $k$  — соответственно молярная масса, плотность, объем, масса и число молей смеси;  $g_i$  и  $\mu_i$  — доля компонента в массе смеси и молярная масса компонента.

Следует учитывать, что объем суспензии равен сумме объемов кристаллов и межкристалльного раствора, но объем раствора обычно не равен сумме объемов растворителя и растворенных веществ.

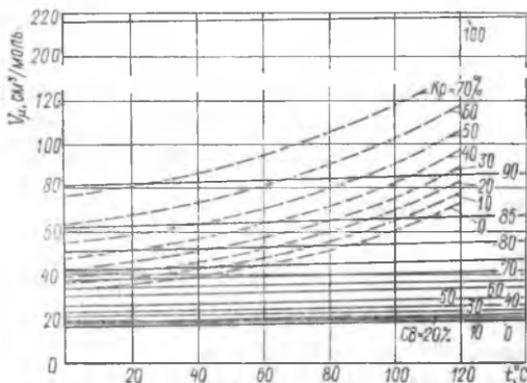
Для сахарных утфелей молярный объем

$$V_\mu = \frac{\frac{K_p}{(100 - K_p) \rho_{кр}} + \frac{1}{\rho_m}}{\frac{1}{\mu_{кр}} \left( \frac{K_p}{100 - K_p} + \frac{C_{x_m}}{100} \right) + \frac{100 - CB_m}{100 \mu_v} + \frac{H_{c_m}}{100 \mu_{nc}}}. \quad (2)$$

Здесь  $K_p$  — содержание кристаллов в процентах к массе утфеля;  $C_x, CB_M$ ,  $H_{C_M}$  — соответственно содержание сахара, сухих веществ и несахара в процентах к массе межкристалльного раствора;  $\rho_{кр}$  и  $\rho_M$  — плотности кристаллической сахарозы и межкристалльного раствора [5];  $\mu_{кр}$ ,  $\mu_w$ ,  $\mu_{нс}$  — молярные массы сахарозы, воды и несахара.

В свою очередь  $C_x = H_0 P(100 - CB_M)$ , где  $H_0$  — растворимость сахарозы в воде при данной температуре  $t$ ;  $P$  — коэффициент пересыщения межкристалльного раствора.

На основе формулы (2) авторами построена номограмма молярных объемов сахарных растворов и утфелей (см. рисунок). Сплошные кривые, слегка поднимающиеся с ростом температуры, соответствуют молярным объемам



Номограмма для определения молярных объемов сахарных растворов и утфелей.

растворов сахарозы для диапазонов  $CB = 0 \dots 90\%$  и  $t = 0 \dots 140^\circ\text{C}$ . Штриховые кривые изображают  $V_\mu$  сахарных утфелей для  $K_p = 0 \dots 70\%$ ,  $t = 0 \dots 120^\circ\text{C}$  при  $P = 1,0$  и  $H_{C_M} = 0$ . Сплошная кривая  $K_p = 100\%$  отвечает молярному объему чистой сахарозы.

С помощью номограммы легко найти, например, что вода при  $t = 120^\circ\text{C}$  имеет молярный объем  $V_\mu = 19,1 \text{ см}^3/\text{моль}$ , раствор сахарозы при  $t = 100^\circ\text{C}$  и  $CB = 60\%$  —  $33,6 \text{ см}^3/\text{моль}$ , рафинадный утфель с  $K_p = 60\%$  при  $t = 80^\circ\text{C}$  ( $CB =$

$= 78,74\%$ ) —  $90,9 \text{ см}^3/\text{моль}$ , сахароза при  $20^\circ\text{C}$  —  $215,5 \text{ см}^3/\text{моль}$ . В случае повышения пересыщения межкристалльного раствора при постоянных  $t$  и  $K_p$  молярный объем суспензии растет. Так, для вышеупомянутого рафинадного утфеля при  $P = 1,2$  ( $CB_M = 81,63\%$ ) вместо  $90,9$  получим  $V_\mu = 98,1 \text{ см}^3/\text{моль} = 0,0981 \text{ м}^3/\text{моль}$ .

При одной и той же концентрации сухих веществ на  $V_\mu$  раствора существенное влияние оказывает количественный и качественный состав несахаров. Плотность производственных сахарных растворов близка к плотности растворов чистой сахарозы, а молярная масса производственных растворов обычно несколько ниже, чем у чистых [3]. Поэтому молярные объемы производственных сахарных растворов ниже, чем растворов чистой сахарозы. Так, «нормальная» отечественная свекловичная меласса среднего состава ( $CB = 82,0\%$ ,  $C_x = 47,56\%$ ) при  $t = 40^\circ\text{C}$  имеет  $V_\mu = 48,5 \text{ см}^3/\text{моль}$ . Для чистого сахарного раствора с  $C_x = 82,0\%$  при той же температуре  $V = 57,0 \text{ см}^3/\text{моль}$ .

Подобная картина наблюдается и для сахарных утфелей. Например, утфель последнего продукта перед фуговкой при  $K_p = 40\%$ ,  $t = 40^\circ\text{C}$ ,  $CB_M = 82,0\%$  и  $C_{x_M} = 47,56\%$  имеет  $V_\mu = 68,2 \text{ см}^3/\text{моль}$ , а рафинадного утфеля ( $CB_M = C_{x_M} = 82,0\%$ ) при тех же условиях  $V_\mu = 78,6 \text{ см}^3/\text{моль} = 0,0786 \text{ м}^3/\text{кмоль}$ .

## Список литературы

1. Киреев В. А., Курс физической химии. М., Химия, 1975.
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика. Ч. 1. М., Наука, 1976.
3. Мольная концентрация сахарных растворов/Д. Е. Синат-Радченко, В. Д. Попов, Л. И. Требин и др. — Пищевая промышленность. Респ. межвед. науч.-техн. сб., 1975, вып. 21.
4. Назарчук М. М., Стельмах С. С. — Теплофизика и теплотехника, 1974, вып. 27.
5. Синат-Радченко Д. Є. Харчова промисловість, 1973, вып. 16.

*Поступила в редколлегию 18.02.77.*