

A1 1.00 Дано p_A, p_B, x_A, x_B . Найти молярные доли компонент смеси в газообразной фракции (y_A и y_B).

По закону Рауля:

$$\begin{aligned}P_A &= p_A x_A \\P_B &= p_B x_B\end{aligned}$$

По закону Дальтона:

$$\frac{y_A}{y_B} = \frac{P_A}{P_B}$$

Следовательно,

$$\frac{y_A}{y_B} = \frac{p_A x_A}{p_B x_B}$$

A2 0.50 Пусть для жидкости известны молярная теплота парообразования λ и температура кипения жидкости t при атмосферном давлении P_0 . Найдите зависимость давления насыщенного пара чистой жидкости от температуры $P(T)$.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса (в случае идеального газа):

$$\frac{dP}{dT} = \frac{\lambda}{T \Delta v} = \frac{\lambda P}{RT^2}$$

После интегрирования, получим:

$$P(T) = P_0 e^{\frac{\lambda}{R}(\frac{1}{t} - \frac{1}{T})}$$

A3 1.00 Выразите p_A/p_B при температуре T через температуры кипения чистых жидкостей t_A и t_B (при атмосферном давлении), их молярные теплоты парообразования λ_A и λ_B .

$$\begin{aligned}p_A(T) &= P_0 e^{\frac{\lambda_A}{R}(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{T})} \\p_B(T) &= P_0 e^{\frac{\lambda_B}{R}(\frac{1}{t_B} - \frac{1}{T})}\end{aligned}$$

$$\frac{p_A}{p_B}(T) = e^{\frac{\lambda_A}{R}(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{T}) - \frac{\lambda_B}{R}(\frac{1}{t_B} - \frac{1}{T})}$$

A4 2.00 Считая $\lambda_A = \lambda_B = \lambda$, найдите температуру кипения двухкомпонентной смеси: $T(\lambda, t_A, t_B, x_B)$.

При температуре кипения смеси

$$P = p_A x_A + p_B x_B = P_0$$

$$\begin{aligned}P_0 &= P_0 e^{\frac{\lambda_A}{R}(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{T})} x_A + P_0 e^{\frac{\lambda_B}{R}(\frac{1}{t_B} - \frac{1}{T})} x_B \\1 &= e^{\frac{\lambda_A}{R}(\frac{1}{t_A} - \frac{1}{T})} (1 - x_B) + e^{\frac{\lambda_B}{R}(\frac{1}{t_B} - \frac{1}{T})} x_B\end{aligned}$$

$$T = \frac{\lambda}{R} \ln^{-1}(x_B e^{\frac{\lambda}{R t_B}} + (1 - x_B) e^{\frac{\lambda}{R t_A}})$$

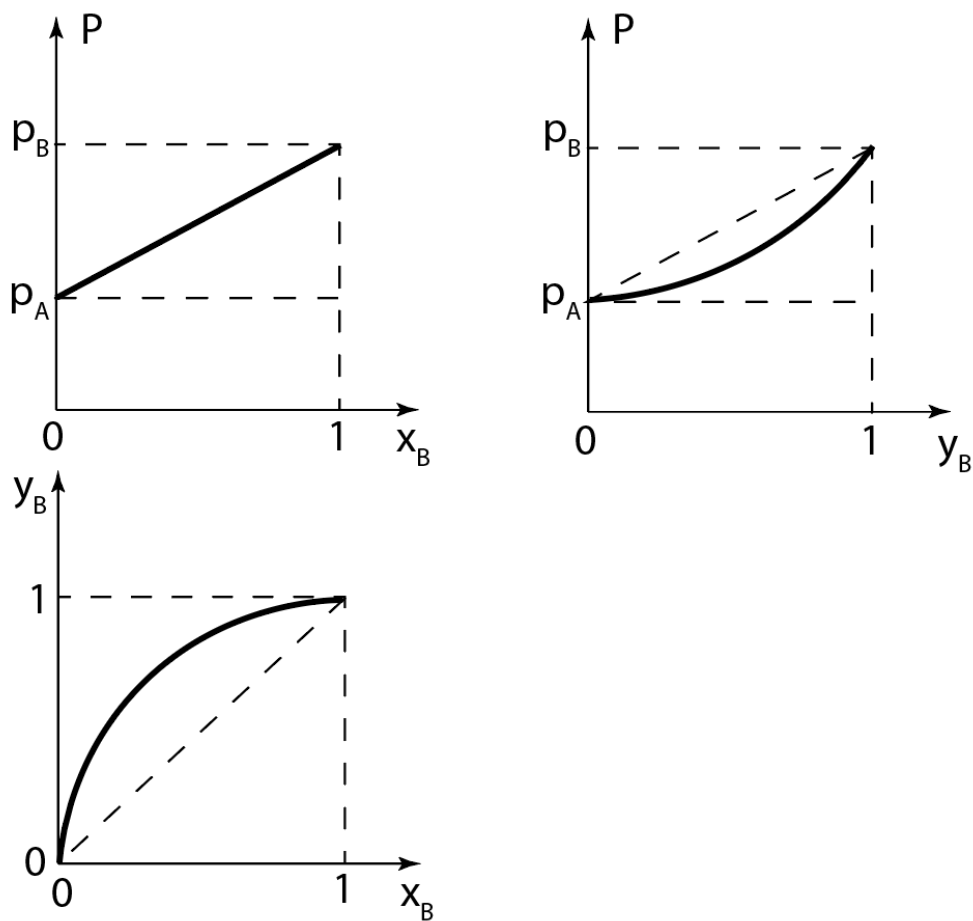
A5 1.50 Считая температуру двухкомпонентной системы T постоянной, изобразите на графиках зависимости $P(x_B)$, $P(y_B)$ и $y_B(x_B)$.

По закону Рауля $P(x_B)$ линейно.

В граничных точках $x_B = 0, y_B = 0, P = p_A$ или $x_B = 1, y_B = 1, P = p_B$.

При $p_B > p_A$:

$y_B > x_B$.



A6^{0.60} Какая x_B будет достигнута после первой конденсации ($N = 1$)?

$$\frac{1 - y_B(N)}{y_B(N)} = \frac{p_A}{p_B} \frac{1 - x_B(N)}{x_B(N)}$$

$$x_B(1) \approx 0.02$$

A7^{1.40} Какая x_B будет достигнута после того как процедура повторится $N = 10$ раз, $N = 10^6$?

$$\frac{1 - x_B(N)}{x_B(N)} = \left(\frac{p_A}{p_B}\right)^N \frac{1 - x_B(0)}{x_B(0)}$$

$$x_B(10) \approx 0.91$$

$$x_B(10^6) \approx 1.00$$

A8^{2.00} Найдите, во сколько раз к этому моменту уменьшилось общее количество жидкости?

Рассмотрим уменьшение количества веществ А и В при удалении объема пара Δv :

$$dA = -\Delta v \frac{P_A}{RT} = -\Delta v \frac{p_A x_A}{RT}$$

$$dB = -\Delta v \frac{P_B}{RT} = -\Delta v \frac{p_B x_B}{RT}$$

$$A = x_A n_L V$$

$$B = x_B n_L V$$

n_L - молярная плотность жидкости.

Избавляемся от Δv :

$$\frac{dA}{dB} = \frac{p_A x_A}{p_B x_B}$$

Подставляем

$$dA = dx_A n_L V + x_A n_L dV$$

$$dB = dx_B n_L V + x_B n_L dV$$

.

После упрощения:

$$\frac{dV}{V} = \frac{dx_B}{x_B} + \frac{2dx_B}{1-x_B}$$

Интегрируем:

$$\ln(V/V_0) = \ln(\frac{x_B}{x_{B(0)}}) - 2\ln(\frac{1-x_B}{1-x_{B(0)}})$$

$$V \approx 0.38V_0$$