

Теоретические сведения. Диффузией называют самопроизвольное взаимное проникновение веществ друг в друга, происходящее вследствие хаотического теплового движения молекул. При перемешивании молекул разного сорта говорят о *взаимной* (или *концентрационной*) диффузии.

Диффузия в системе, состоящей из двух компонентов a и b (бинарная смесь), подчиняется *закону Фика*: плотности потока компонентов $j_{a,b}$ (количество частиц, пересекающих единичную площадку в единицу времени) пропорциональны градиентам их концентраций $\nabla n_{a,b}$, что в одномерном случае можно записать как

$$j_a = -D \frac{\partial n_a}{\partial x}, \quad j_b = -D \frac{\partial n_b}{\partial x},$$

где D — коэффициент взаимной диффузии компонентов. Знак «минус» отражает тот факт, что диффузия идёт в направлении выравнивания концентраций. Равновесие достигается при равномерном распределении вещества по объёму сосуда ($\partial n / \partial x = 0$).

В данной работе исследуется взаимная диффузия гелия и воздуха. Давление P и температура T в условиях опыта предполагаются неизменными: $P = (n_{\text{He}} + n_{\text{в}}) k_B T = \text{const}$, где n_{He} и $n_{\text{в}}$ — концентрации (объёмные плотности) диффундирующих газов. Поэтому для любых изменений концентраций справедливо $\Delta n_{\text{в}} = -\Delta n_{\text{He}}$. Следовательно, достаточно ограничиться описанием диффузии одного из компонентов, например гелия n_{He} :

$$j_{\text{He}} = -D \frac{\partial n_{\text{He}}}{\partial x} \quad (1)$$

Приведём теоретическую оценку для коэффициента диффузии. В работе концентрация гелия, как правило, мала ($n_{\text{He}} \ll n_{\text{в}}$). Кроме того, атомы гелия существенно легче молекул, составляющих воздух ($\mu_{\text{He}} \ll \mu_{\text{N}_2}, \mu_{\text{O}_2}$), значит и их средняя тепловая скорость велика по сравнению с остальными частицами. Поэтому перемешивание газов в работе можно приближенно описывать как диффузию примеси лёгких частиц He на практически стационарном фоне воздуха. Коэффициент диффузии в таком приближении равен

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{v}, \quad (2)$$

где $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$ — средняя тепловая скорость частиц примеси, $\lambda = \frac{1}{n_0 \sigma}$ — их

длина свободного пробега, n_0 — концентрация рассеивающих центров (фона), σ — сечение столкновения частиц примеси с частицами фона.