

# Лабораторная работа 2.2.1

## Исследование взаимной диффузии газов

Татаурова Юлия Романовна

2 апреля 2024 г.

### Теоретические сведения

Диффузия в системе из двух компонентов а и b подчиняется закону Фика:

$$j_a = -D \frac{\partial n_a}{\partial x}; j_b = -D \frac{\partial n_b}{\partial x} \quad (1)$$

где  $D$  - коэффициент взаимной диффузии компонентов.

В работе исследуется взаимная диффузия гелия и воздуха. Давление и температура предполагаются постоянными:

$$P = (n_{\text{He}} + n_{\text{в}})kT = \text{const} \Rightarrow \quad (2)$$

$$\Rightarrow \Delta n_{\text{в}} = -\Delta n_{\text{He}} \quad (3)$$

В работе концентрация гелия мала, к тому же атомы гелия легче молекул, составляющих воздух. Поэтому перемешивание газов в работе можно приближенно описывать как диффузию примеси легких частиц гелия на стационарном фоне воздуха. Тогда коэффициент диффузии равен:

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{v} \quad (4)$$

где  $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$  - средняя тепловая скорость частиц примеси;  $\lambda$  - длина свободного пробега

Таким образом, теория предполагает обратную пропорциональность коэффициента взаимной диффузии двух газов и давления.

### Экспериментальная установка

#### Теоретические справки

Для исследования взаимной диффузии газов и измерения коэффициента взаимной диффузии  $D$  используется два сосуда объемами  $V_1$  и  $V_2$  ( $V_1 \approx V_2$ ), соединенные трубкой длины  $L$  и сечения  $S$ .

В трубке установится стационарный поток частиц, одинаковый в каждом сечении трубки, иначе частицы бы накапливались там, и процесс не был бы стационарным. Исходя из этих соображений можно записать:

$$j = -D \frac{\partial n}{\partial x} = \text{const} \Rightarrow \quad (5)$$

$$\Rightarrow n(x) = \frac{\Delta n}{L} x \quad (6)$$

$$j = -D \frac{\Delta n}{L} \quad (7)$$

где  $\Delta n$  - разность концентраций гелия на концах трубки.

Также будем считать процесс квазистатическим, предполагая медленность его протекания. Т.е время процесса должно оказаться намного больше времени диффузии отдельной частицы вдоль трубки длиной  $L$  и сечением  $S$ .  
 $\tau_{\text{диф}} \sim \frac{L^2}{2D} \ll \tau$

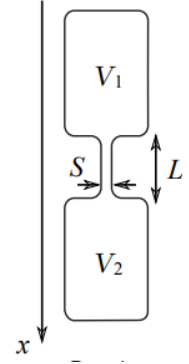


Рис. 1: Сосуд

$$\frac{dN_1}{dt} = jS ; \frac{dN_2}{dt} = -jS \Rightarrow \quad (8)$$

$$\Rightarrow \frac{d(\Delta n)}{dt} = -\frac{\Delta n}{\tau} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{1}{D} \frac{VL}{2S} \quad (10)$$

Из уравнений выше получаем:

$$\Delta n = \Delta n_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (11)$$

а также условие квазистатичности:  $\tau_{\text{диф}} \ll \tau \Rightarrow SL \ll V$

## Методика измерений

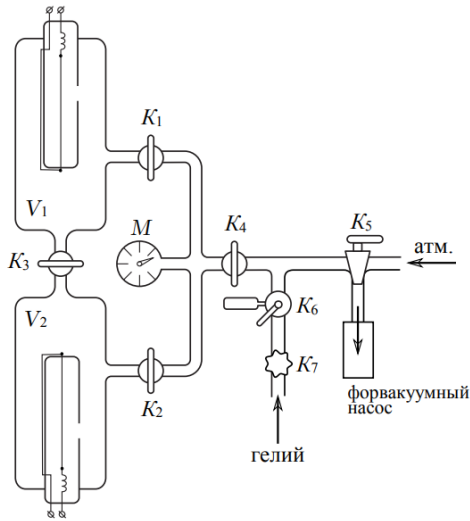


Рис. 2: Экспериментальная установка

Для измерения разности концентраций в установке применяются датчики теплопроводности. Теплопроводность смеси зависит от ее состава и при малой разности  $\Delta n$  можно ожидать, что разность теплопроводностей будет прямо пропорциональна  $\Delta n$ :  $\Delta k = k(n_2) - k(n_1) \approx \text{const} \cdot \Delta n$ . Для измерения сопротивлений используется мостовая схема. Мост балансируется при заполнении сосудов одной и той же смесью. При заполнении сосудов смесями различного состава возникает «разбаланс» моста. При незначительном различии в составах смесей показания вольтметра будут изменяться по такому же закону, как и разность концентраций:  $U = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ . Сама экспериментальная установка показана слева.