



Физтех-школа аэрокосмических технологий

19 апреля 2024 года

## Лабораторная работа 2.2.1

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОЙ ДИФфуЗИИ ГАЗОВ

Зайцев Александр

Б03-305

**Цель работы:** 1) регистрация зависимости концентрации гелия в воздухе от времени с помощью датчиков теплопроводности при разных начальных давлениях смеси газов; 2) определение коэффициента диффузии по результатам измерений.

**В работе используются:** измерительная установка; форвакуумный насос; баллон с газом (гелий); манометр; источник питания; магазин сопротивлений; гальванометр; секундомер.

Диффузией называется самопроизвольное перемешивание молекул, происходящее вследствие их хаотического теплового движения. При перемешивании молекул разного сорта говорят о взаимной (или концентрационной) диффузии. Для наблюдения взаимной диффузии необходимо равенство давлений во всей системе (в противном случае возникнет гораздо более быстрое макроскопическое течение газа как сплошной среды).

В данной работе исследуется диффузия примеси лёгкого газа (гелия) на фоне воздуха. Концентрация воздуха в условиях опыта предполагается значительно большей, чем концентрация примеси, и ее относительное изменение в результате взаимной диффузии будет незначительным. Поэтому мы будем описывать только диффузию примеси (гелия) на стационарном фоне воздуха и в дальнейшем, если не оговорено особо, под  $n$  будем иметь в виду концентрацию примеси.

Сосуды заполнены смесью двух газов при одинаковом давлении, но с различной концентрацией компонентов. Вследствие взаимной диффузии концентрации каждого из компонентов в обоих сосудах с течением времени выравниваются. Рассмотрим процесс выравнивания концентрации. В общем случае концентрация зависит от координат и времени во всей установке. В наших условиях решение задачи упрощается, поскольку объём соединительной трубки мал по сравнению с объемами сосудов. В связи этим концентрацию газов внутри каждого сосуда можно считать постоянной по всему объёму сосуда, и предположить, что процесс выравнивания концентраций происходит в основном благодаря диффузии в трубке.

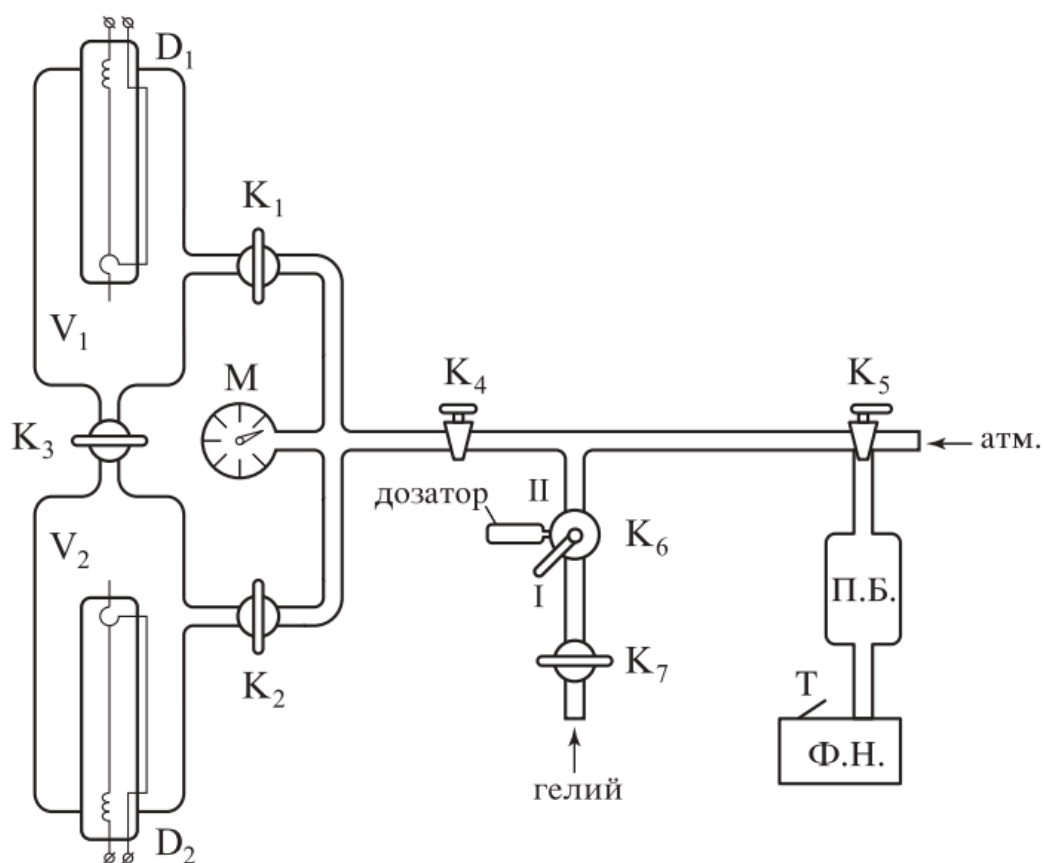
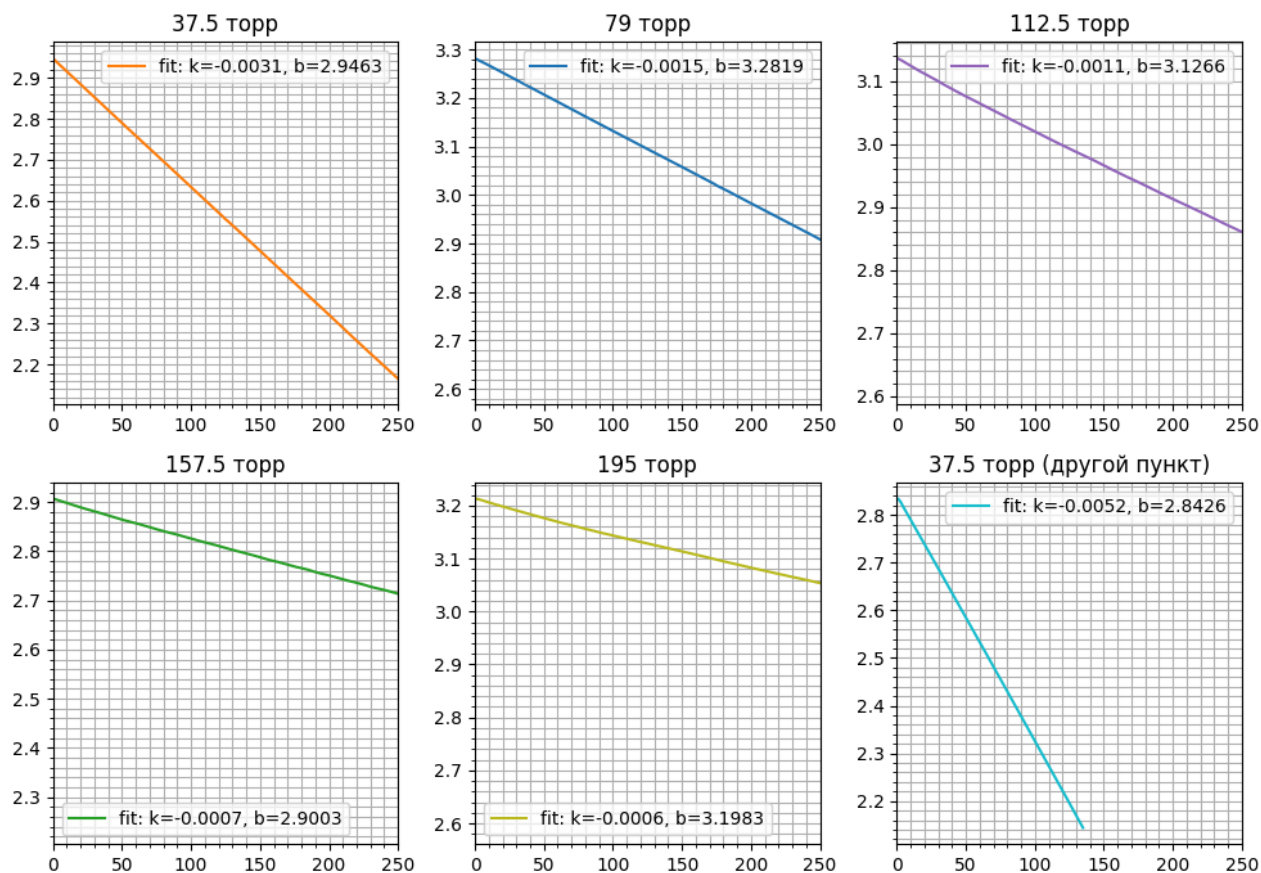


Рис. 1. Экспериментальная установка

## Результаты измерений.



*Рис. 2. Графики зависимости показаний гальванометра (мВ) от времени в логарифмическом масштабе*

Графики имеют вид прямых линий. По угловым коэффициентам экспериментальных прямых и известным параметрам установки рассчитаны коэффициенты взаимной диффузии при выбранных давлениях.

$$D = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \frac{L}{S\tau} = \frac{V}{2} \frac{L}{S\tau} \quad (1)$$

Таблица 1. Коэффициенты взаимной диффузии

№	P, торр	$k \cdot 10^{-3}, c^{-1}$	$\tau, c$	$D, cm^2/c$
1	38	3,13	320	$10,31 \pm 0,16$
2	38(!)	0,51	194	$17,04 \pm 0,19$
3	79	1,49	669	$4,93 \pm 0,04$
4	113	1,05	951	$3,47 \pm 0,03$
5	158	0,74	1349	$2,45 \pm 0,02$
6	195	0,57	1751	$1,88 \pm 0,03$

Погрешность угловых коэффициентов  $k$  мала, по сравнению с полученными значениями.

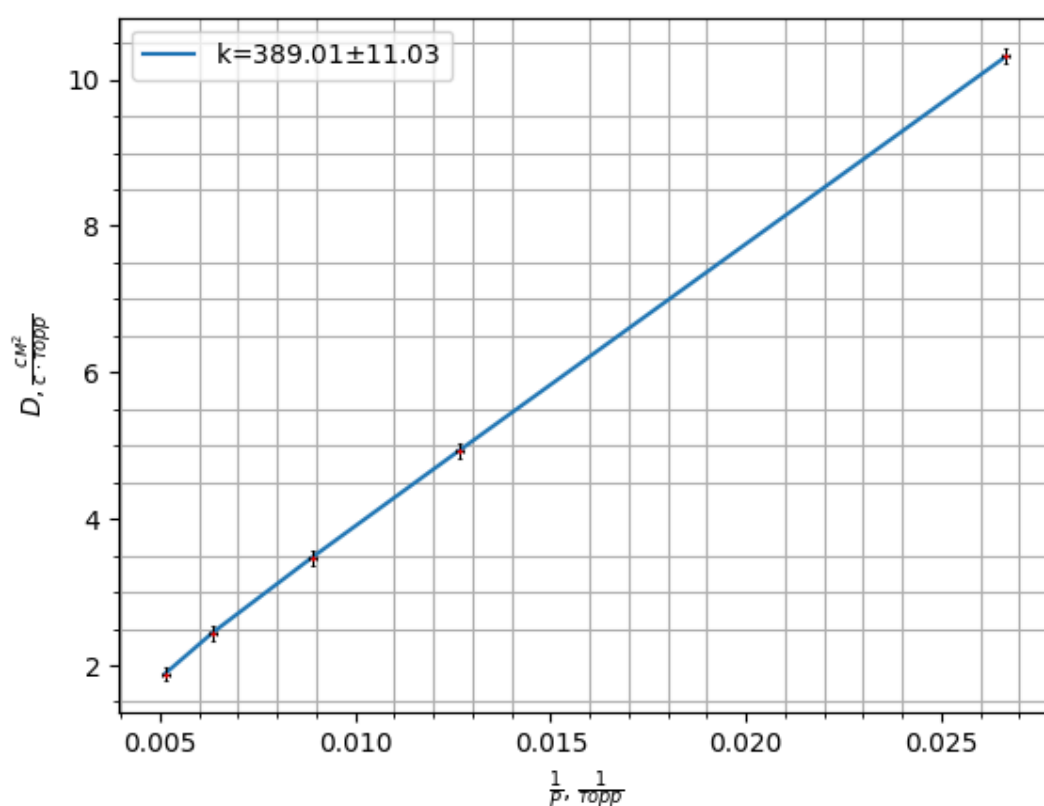


Рис. 3. График зависимости коэффициента диффузии  $D$  от обратного давления

Полученный угловой коэффициент прямой, построенной методом наименьших квадратов  $k = 389,01$ . Погрешность  $11,03$  получена с помощью формул погрешности для метода наименьших квадратов. Свободный член данной прямой примерно равен  $b = -0,03$ . С помощью него определим коэффициент диффузии для атмосферного давления (в нашем опыте это  $720$  мм.рт.ст.):

$$D = \frac{k}{p} + b \quad (2)$$

Коэффициент диффузии получился  $D = 0,5 \text{ см}^2/\text{с}$ .

Связь коэффициента диффузии и длины свободного пробега:

$$D = \frac{\lambda}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu}} \quad (3)$$

Формула для эффективного сечения молекул:

$$\sigma = \frac{kT}{\lambda p} \quad (4)$$

Получившиеся значения:  $\lambda = 349 \text{ нм}$ ,  $\sigma = 1,1 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$ .

### **Вывод.**

Проведенное исследование позволило изучить процесс взаимной диффузии газов и определить коэффициенты диффузии. Несмотря на некоторые несовпадения в полученных результатах, работа дала ценные практические навыки и позволила лучше понять физические процессы, происходящие при диффузии газов.