

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)  
ФАКУЛЬТЕТ ОБЩЕЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Лабораторная работа № 2.2.1  
**Измерение вязкости воздуха по течению в тонких трубках**

Выполнил студент группы Б02-202  
Садыков Артур

Долгопрудный, 2023 г.

# 1 Аннотация

Исследована диффузия гелия и воздуха. Метод исследования основан на получении зависимости теплопроводности газа от времени. В ходе работы получено значение коэффициента взаимной диффузии гелия и воздуха при атмосферном давлении  $D = D_{\text{атм}} = (0.63 \pm 0.6) \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$ .

## 2 Введение

Получение многих материалов с определенными свойствами связано с необходимостью точного соблюдения пропорций между веществами. Например, при выплавке стали в зависимости от содержания углерода изменяются свойства конечного металла. А так как смешение элементов происходит в процессе диффузии, для точности изготовления материалов требуется понимание процесса диффузии, которое подчиняется закону Фика. А для решения уравнения Фика необходимо знать коэффициент взаимной диффузии компонентов.

В работе исследуется зависимость концентраций газов от времени. Используя датчик теплопроводности и зная, что напряжение на нем прямо пропорционально концентрации, можно найти коэффициент взаимной диффузии газов.

## 3 Методика измерений

Зависимость концентрации примеси газа в сосуде подчиняется следующей формуле:

$$\Delta n = \Delta n_0 \exp\left(-t \frac{2DS}{VL}\right) \quad (1)$$

При малой разности концентраций гелия в сосудах можно считать, что изменение теплопроводности газа прямо пропорционально разности концентраций.

Напряжение на датчике теплопроводности прямо пропорционально разности концентраций:

$$U = U_0 \exp\left(-t \frac{2DS}{VL}\right) \quad (2)$$

Измерения проводились на установке, изображенной на рис 1

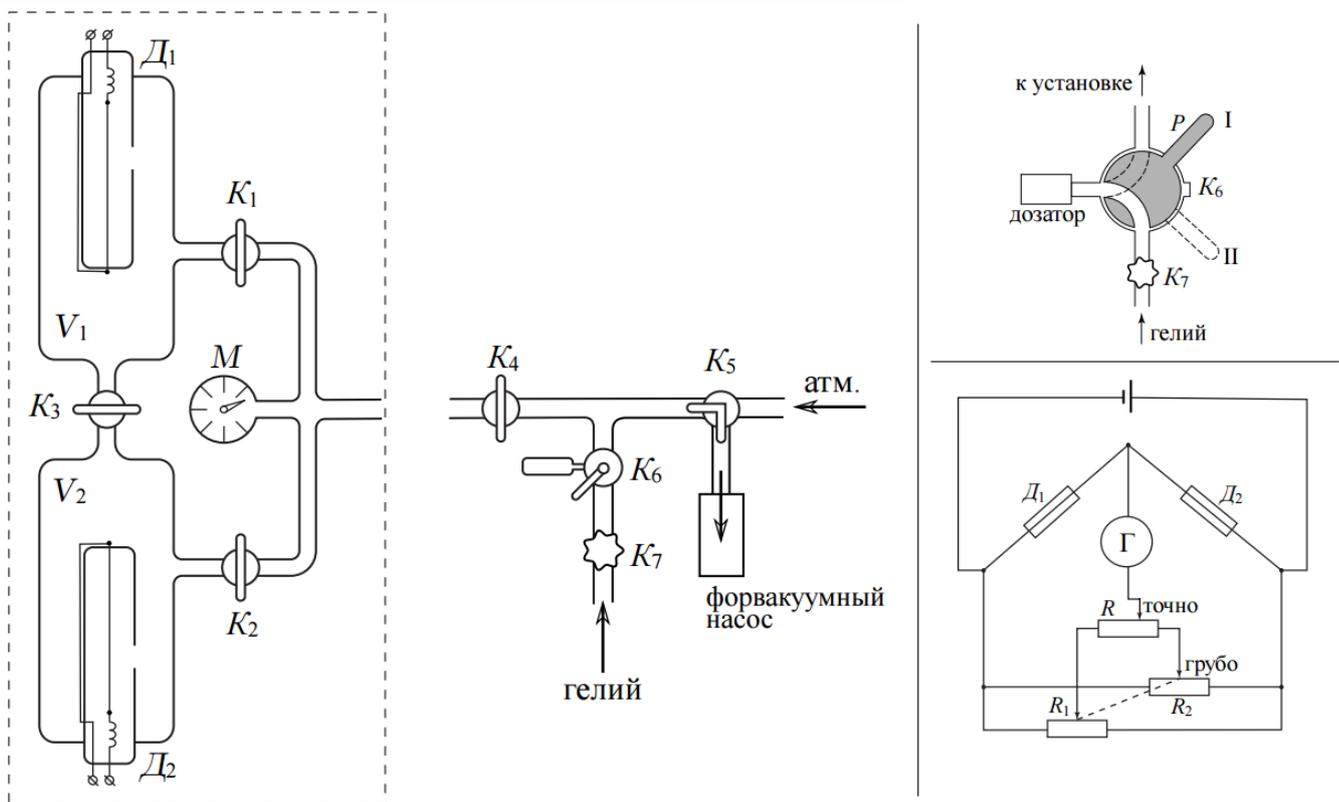


Рис. 1: Схема экспериментальной установки

Измерения проводились на установке, изображенной на рис 1. Установка состоит из двух сосудов, объемом  $V_1$  и  $V_2$ . В начале измерений из установки с помощью форвакуумного насоса откачивается воздух. Затем производилась настройка моста Уинстона при требуемом давлении. После этого в сосуд 1 закачивался гелий, а в сосуд 2 воздух. Затем, посредством открытия кранов  $K_1$  и  $K_2$ , давление в системе выравнивалось. Затем краны закрывались, открывался кран  $K_3$  и с помощью компьютерной программы снималась зависимость  $U(t)$ .

## 4 Результаты и их обсуждение

Были произведены измерения скорости диффузии гелия и воздуха для 5 значений давления смеси. По результатам измерений были построены линеаризованные зависимости  $\ln \frac{U}{U_0}(t)$ , приведенные на рис 2.

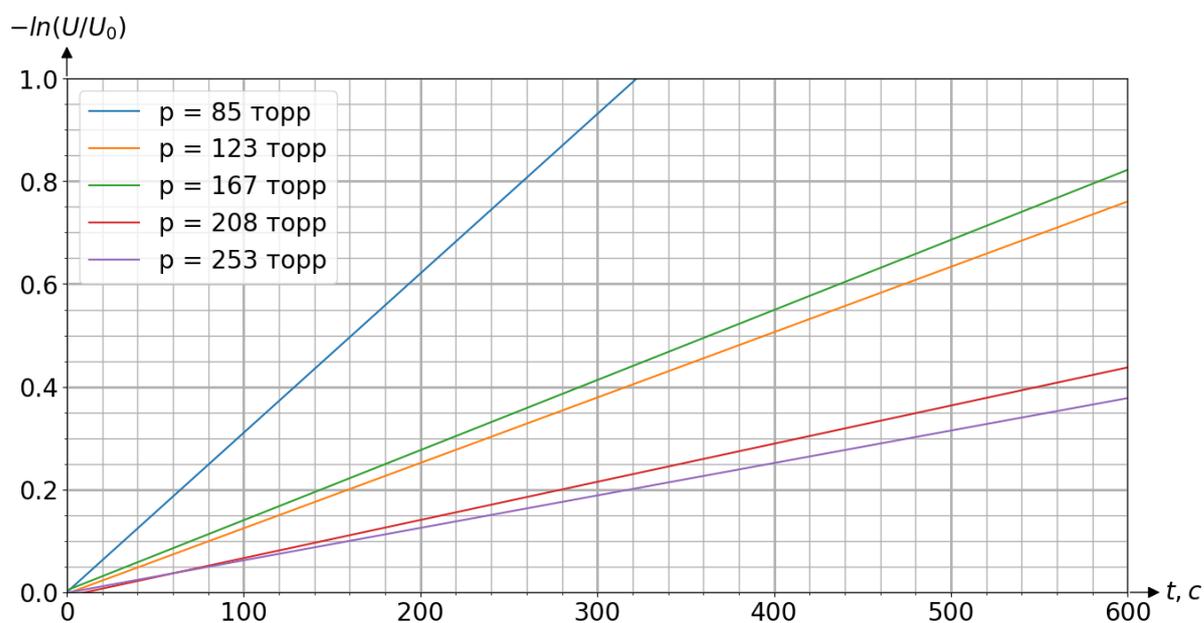


Рис. 2: График зависимости натурального логарифма отношения напряжения на термопаре к начальному напряжению от времени. На графике каждому цвету соответствует измерение при соответствующем давлении. Соответствие указано в легенде.

Построив зависимость коэффициента диффузии от величины, обратной к давлению, изображенную на рис. 3, получим линейную зависимость с коэффициентом наклона  $k = (482 \pm 14) \frac{\text{см}^2 * \text{торр}}{\text{с}}$ .

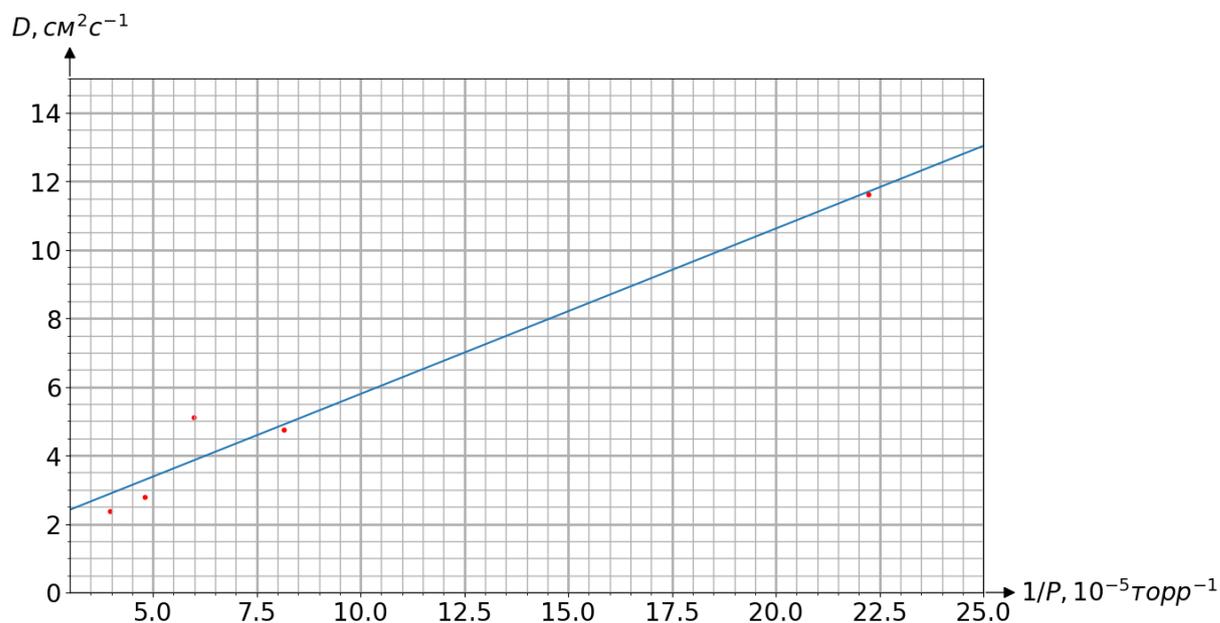


Рис. 3: График зависимости коэффициента диффузии гелия от величины, обратной к давлению.

Тогда для коэффициента диффузии гелия при атмосферном давлении получим значе-

ние  $D_{\text{атм}} = (0.6 \pm 0.6) \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$ , что согласуется с данными, приведенными в литературе.

## 5 Выводы

В ходе работы было подтверждено, что изменение концентрации гелия при взаимной диффузии является экспоненциальной. Было подтверждено, что коэффициент взаимной диффузии гелия и воздуха обратно пропорционален давлению в системе. Подтверждена линейная зависимость теплопроводности газа от концентрации. Было получено значение коэффициента взаимной диффузии газов при атмосферном давлении  $D_{\text{атм}} = (0.63 \pm 0.6) \frac{\text{см}^2}{\text{с}}$ , что согласуется с ранее измеренными значениями.

## Список литературы

- [1] Д. Гладун А., А. Александров Д., Игошин Ф. Ф. и др. Лабораторный практикум по общей физике: Т. 1. Термодинамика и молекулярная физика. М.: МФТИ, 2012. 292 с.