

Лабораторная работа 2.2.1

Исследование взаимной диффузии газов

Выполнил Жданов Елисей Б01-205

1 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

2 Оборудование:

Измерительная установка

Форвакуумный насос

Баллон с гелием

Манометр

Источник питания

Магазин сопротивлений

Гальванометр

Секундомер

3 Теоретическая справка

Скорость диффузии определяется коэффициентом диффузии, а именно пропорциональна ему. С длиной свободного пробега и средней скоростью он связан как

$$D = \frac{1}{3} \lambda \bar{v}$$

Также запишем выражение для средней скорости

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}}$$

и длины свободного пробега

$$\lambda = \frac{1}{n\sigma}$$

Интегрируя дифференциальное уравнение диффузии, получим соотношение

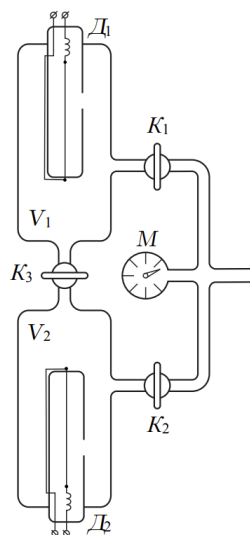
$$\Delta n = \Delta n_0 e^{-t/\tau}$$

где

$$\tau = \frac{VL}{2SD}$$

Построив соответствующий логарифмическим координатам линеаризованный график, получим из него коэффициент диффузии.

4 Экспериментальная установка



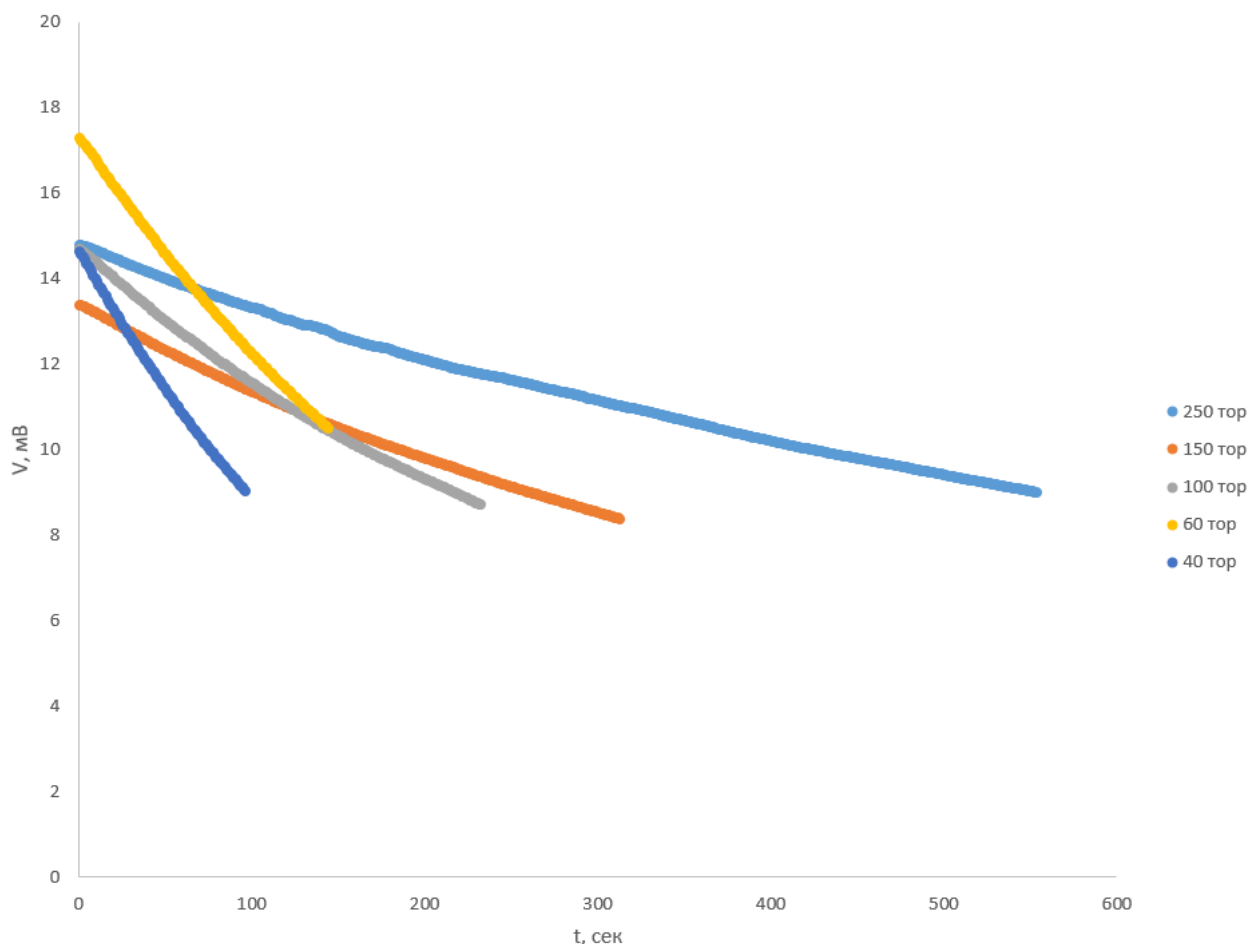
Выравнивание давлений в сосудах V1 и V2 без изменения состава газов в них может быть осуществлено через обводные трубки посредством кратковременного открытия кранов K1 и K2 (при закрытом K3).

Балансировку показаний вольтметра необходимо производить перед каждым измерением, потенциометром.

5 Измерения, Обработка

1-2) Убедимся, что установка настроена и будем выполнять все действия согласно инструкции. На используемой установке нет возможности сброса давления в насосе после откачки, остальное соответствует методике эксперимента.

Зависимость напряжения от времени $V(t)$



2-6) //Специфика//

В результате проведения эксперимента были получены данные в формате .csv, которые прилагаются к работе.

Запишу в таблицу уточненные по результатам смешивания полученные давления

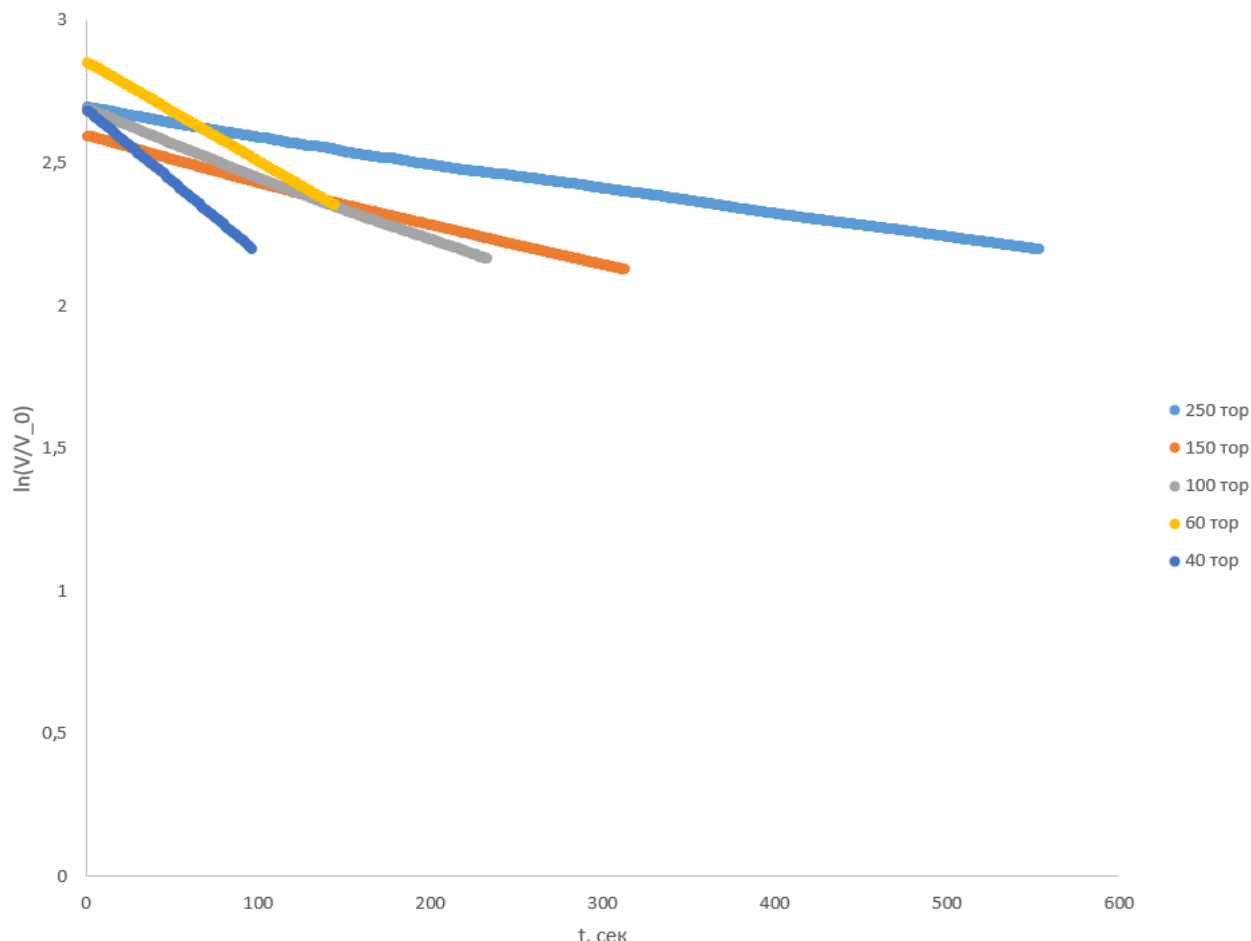
За вакуум приму давление 101.25 кгс/см² на манометре.

$p_{\text{прибор, кгс/см}^2}$	P, тор
96.0	38.7
93.4	57.8
87.8	99.1
80.6	152
67.2	251

Погрешность полученного давления в торах определяется погрешностью замера давления на манометре 0.2 кгс/см^2 и составляет 1.5 тор для каждого опыта.

Построю графики зависимости $\ln(V)$ от t .

Зависимость $\ln(\frac{V}{V_0})[t]$



Найдем угловые коэффициенты прямых для каждого опыта по МНК.

$$a = \frac{\langle x_i y_i \rangle - \langle x \rangle \langle y_i \rangle}{\langle x_i^2 \rangle - \langle x_i \rangle^2}$$

$$b = \langle y_i \rangle - a \langle x_i \rangle$$

Также рассчитаем их погрешности

$$S_a^2 = \frac{\langle x_i^2 \rangle}{\langle x_i^2 \rangle - \langle x_i \rangle^2} \cdot \frac{\langle b_i - b \rangle^2}{n - 2}$$

Запишем в таблицу коэффициенты наклона, полученные из МНК

P, тор	k, сек ⁻¹
250	(-0.0008823 ± 0.0000015)
150	(-0.0014951 ± 0.0000035)
100	(-0.0022635 ± 0.0000058)
60	(-0.0034908 ± 0.000001)
40	(-0.0050658 ± 0.0000023)

Пересчитаю по формуле для коэффициента диффузии полученные значения k, обратные характерному времени τ в показателе экспоненты. Будем считать по указанию $L/S = (5.3 \pm 0.1) \text{ см}^{-1}$, а средний объем одного сосуда $V = 775 \pm 10 \text{ см}^3$.

$$D = -\frac{1}{\tau} \cdot \frac{L}{S} \cdot \frac{-V}{2} = -k \frac{L}{S} \frac{V}{2}$$

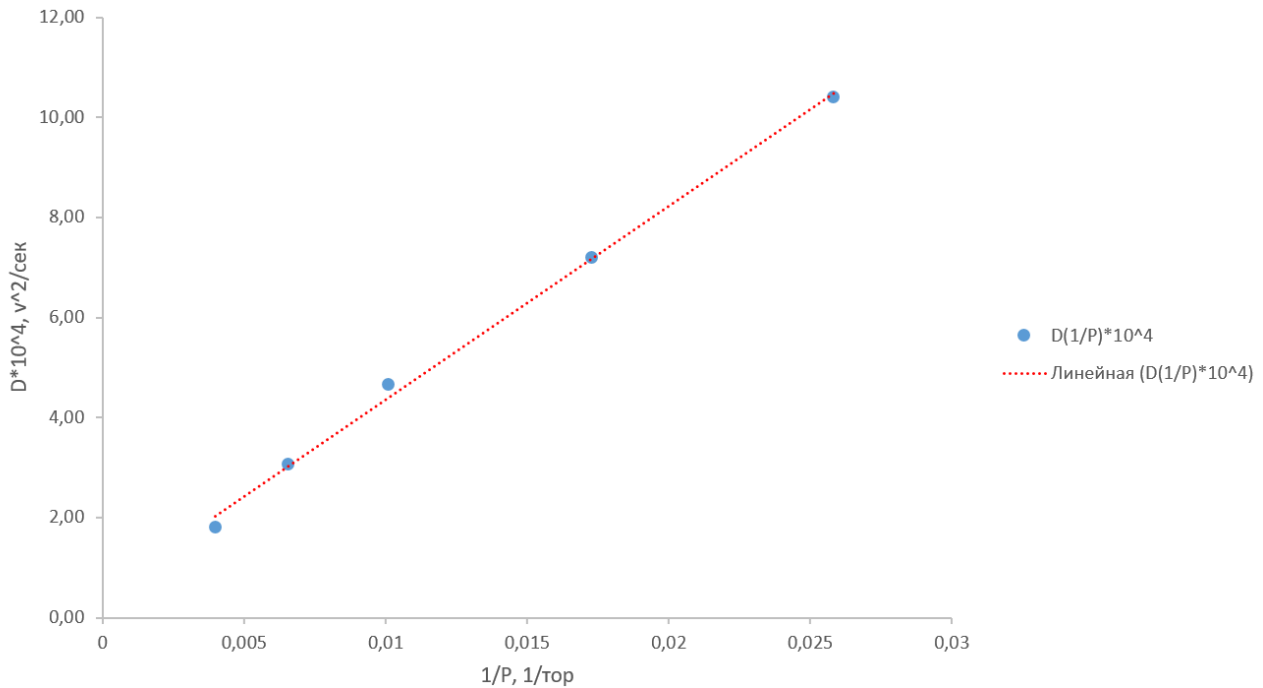
Относительная погрешность D равна сумме относительных погрешностей коэффициента наклона, отношения L/S и объема соответственно.

Запишу значения в таблицу

P, тор	D, м ² /сек
250	$(1.81 \pm 0.06) \cdot 10^{-4}$
150	$(3.07 \pm 0.11) \cdot 10^{-4}$
100	$(4.65 \pm 0.16) \cdot 10^{-4}$
60	$(7.2 \pm 0.2) \cdot 10^{-4}$
40	$(10.4 \pm 0.3) \cdot 10^{-4}$

Построим график зависимости коэффициента диффузии от 1/P

Зависимость D от 1/P



С помощью МНК определим зависимость

$$D = (0.49 \pm 0.17) + \frac{(387 \pm 11)}{P}$$

Для атмосферного давления D составит (1.00 ± 0.18) м²/сек

Табличное же значение 0.66 м²/сек.

Из полученного значения D, рассчитав среднюю скорость молекул при комнатной температуре $\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu}} = 1257$ м/с, получим

$$\lambda = \frac{3D}{\bar{v}} = 240 \pm 40$$

И наконец

$$\sigma = \frac{kT}{p\lambda} = (4.59 \pm 0.08) \cdot 10^{-20} \text{ м}^2$$

6 Вывод

Данные сходятся с табличными в пределах погрешности, лаба замечательная.

7 Ресурсы

Расчет по МНК: метод-наименьших-квадратов.рф