

Московский Физико-Технический Институт
(государственный университет)

Исследование взаимной диффузии газов

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.

Описание работы

Рассмотрим процесс выравнивания концентрации. Закон Фика:

$$j = -D \frac{\partial n}{\partial x}$$

В нашем случае ввиду того что, а) объем соединительной трубки мал по сравнению с объемами сосудов, б) концентрацию газов внутри каждого сосуда можно считать постоянной по всему объему.

$$J = -DS \frac{n_1 - n_2}{l}$$

Изменение компонента в сосудах: $V_1 \Delta n_1 = -V_2 \Delta n_2$

С другой стороны $V_1 \Delta n_1 = J \Delta t$ и $V_1 \frac{dn_1}{dt} = -DS \frac{n_1 - n_2}{l}$; Аналогично $V_2 \frac{dn_2}{dt} = DS \frac{n_1 - n_2}{l}$

Тогда

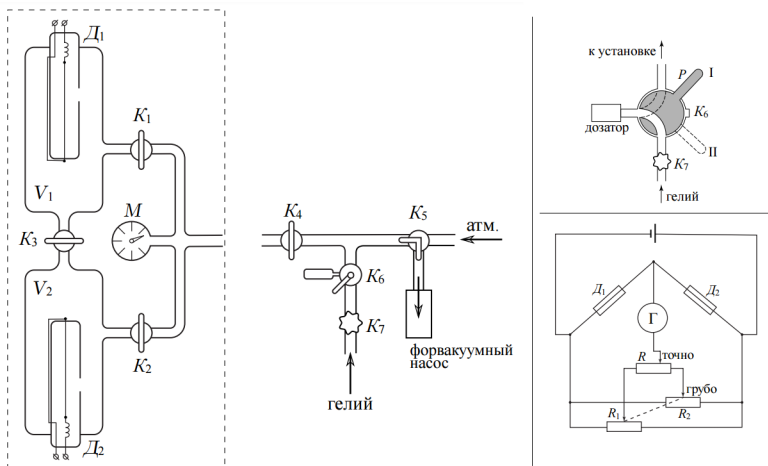
$$\frac{d(n_1 - n_2)}{dt} = -\frac{n_1 - n_2}{l} \frac{V_1 + V_2}{V_1 V_2}$$

Проинтегрируем и получим, что

$$n_1 - n_2 = (n_1 - n_2)_0 e^{-t/\tau}, \tau = \frac{V_1 V_2}{V_1 + V_2} \frac{l}{SD} = V_1 = V_2 = V = \frac{Vl}{2SD}$$

При заполнении сосудов смесями различного состава возникает «разбаланс» моста. При незначительном различии в составах смесей показания гальванометра, подсоединённого к диагонали моста, будут пропорциональны разности концентраций примеси. В процессе диффузии разность концентраций убывает по экспоненте, и значит по тому же закону изменяются во времени показания гальванометра

$$U = U_0 \exp(-t/\tau)$$

Оборудование

Ход работы

Перепишем параметры установки:

$$V = (1200 \pm 30) \text{ см}^3; \quad l/s = (5,5 \pm 0,5) \text{ см}^{-1};$$

$$\text{Тогда постоянная установки } M = (3300 \pm 300) \text{ см}^2$$

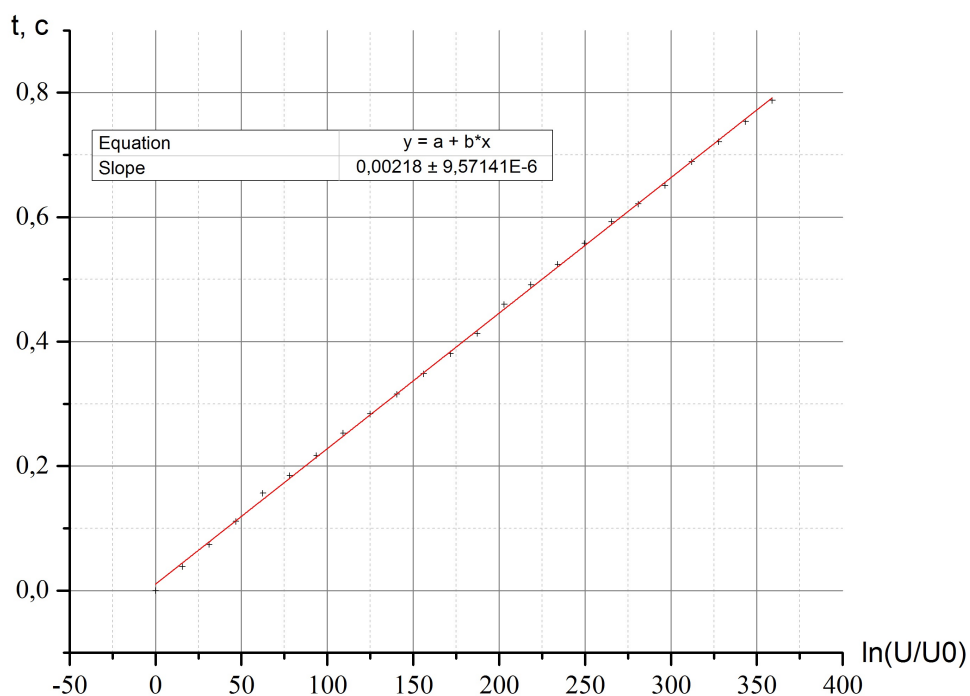
$$\text{Рабочие давления: } P_{He} = 0,2P_{rab}; \quad P_{Air} = 1,75P_{rab}$$

Таблицы значений:

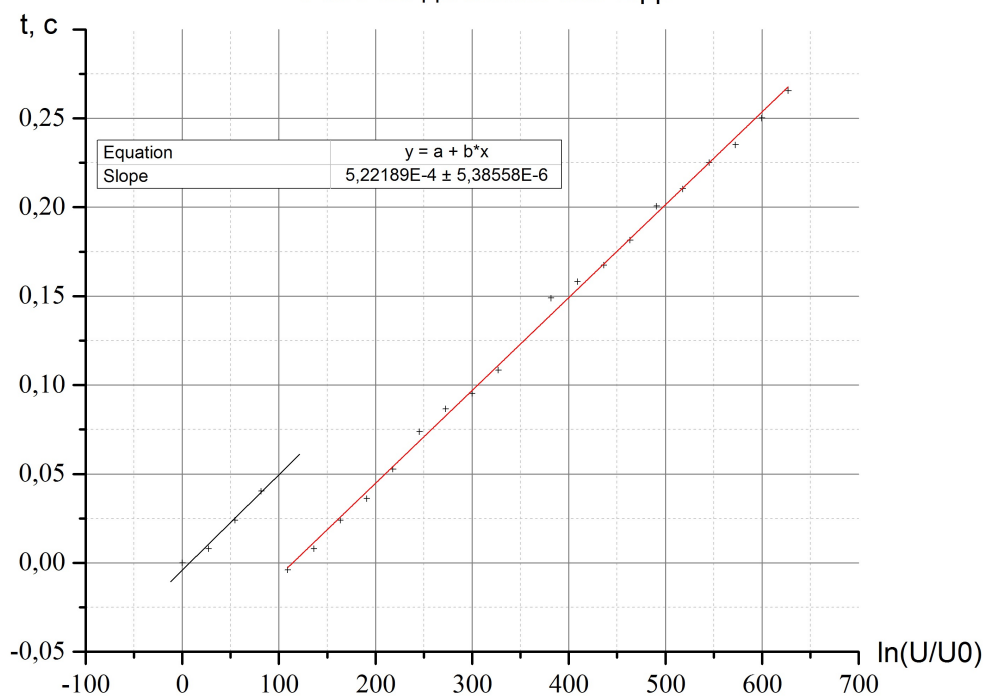
t, c	U, y.e	ln(U/U ₀)	t, c	U, y.e	ln(U/U ₀)	t, c	U, y.e	ln(U/U ₀)	t, c	U, y.e	ln(U/U ₀)
0,00	255,0	0,000	0,00	253,0	0,000	0,00	255,0	0,000	0,00	255,0	0,000
15,61	245,4	0,038	27,26	251,0	0,008	24,78	249,0	0,024	34,48	249,0	0,024
31,22	236,8	0,074	54,52	247,0	0,024	49,57	241,4	0,055	68,96	241,0	0,056
46,83	228,2	0,111	81,78	243,0	0,040	74,35	234,7	0,083	103,43	238,0	0,069
62,43	218,1	0,156	109,04	254,0	-0,004	99,13	227,0	0,116	137,90	233,0	0,090
78,04	212,0	0,185	136,30	251,0	0,008	123,91	220,0	0,148	172,39	224,0	0,130
93,65	205,3	0,217	163,57	247,0	0,024	148,70	214,0	0,175	206,87	223,0	0,134
109,26	198,0	0,253	190,83	244,0	0,036	173,48	207,0	0,209	241,35	219,0	0,152
124,87	192,0	0,284	218,09	240,0	0,053	198,26	199,7	0,244	275,83	214,0	0,175
140,48	186,0	0,316	245,35	235,0	0,074	223,04	194,0	0,273	310,30	209,7	0,196
156,09	180,0	0,348	272,61	232,0	0,087	247,83	188,2	0,304	344,78	205,0	0,218
171,70	174,3	0,380	299,87	230,0	0,095	272,61	183,0	0,332	379,26	201,0	0,238
187,30	168,7	0,413	327,13	227,0	0,108	297,39	176,0	0,371	413,74	193,0	0,279
202,91	161,0	0,460	354,39	220,0	0,140	322,17	171,0	0,400	448,22	189,0	0,300
218,52	156,0	0,491	381,65	218,0	0,149	346,96	165,0	0,435	482,70	185,0	0,321
234,13	151,0	0,524	408,91	216,0	0,158	371,74	160,0	0,466	517,17	178,0	0,359
249,74	146,0	0,558	436,17	214,0	0,167	396,52	154,0	0,504	551,65	176,0	0,371
265,35	141,0	0,593	463,43	211,0	0,182	421,30	152,0	0,517	586,13	173,0	0,388
280,96	137,0	0,621	490,70	207,0	0,201	446,09	148,0	0,544	620,61	170,0	0,405
296,57	133,0	0,651	517,96	205,0	0,210	470,87	144,0	0,571	655,09	165,0	0,435
312,17	128,0	0,689	545,22	202,0	0,225	495,65	137,7	0,616	689,57	164,0	0,441
327,78	124,0	0,721	572,48	200,0	0,235	520,43	134,0	0,643	724,04	161,0	0,460
343,39	120,0	0,754	599,74	197,0	0,250	545,22	132,0	0,658	758,52	158,0	0,479
359,00	116,0	0,788	627,00	194,0	0,266	570,00	129,0	0,681	793,01	150,0	0,531

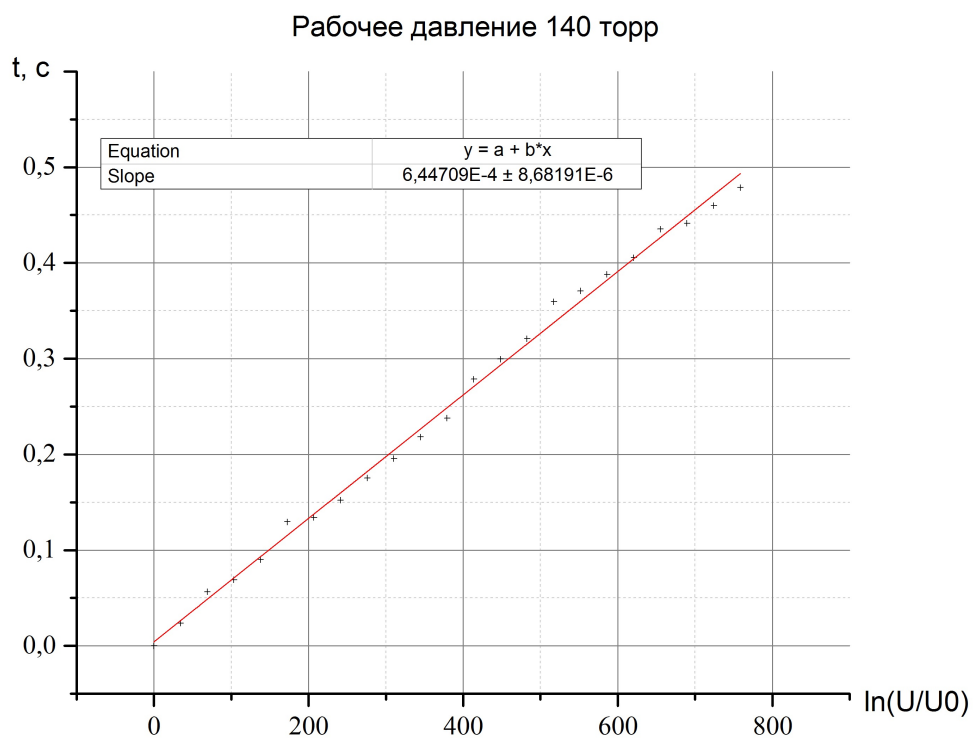
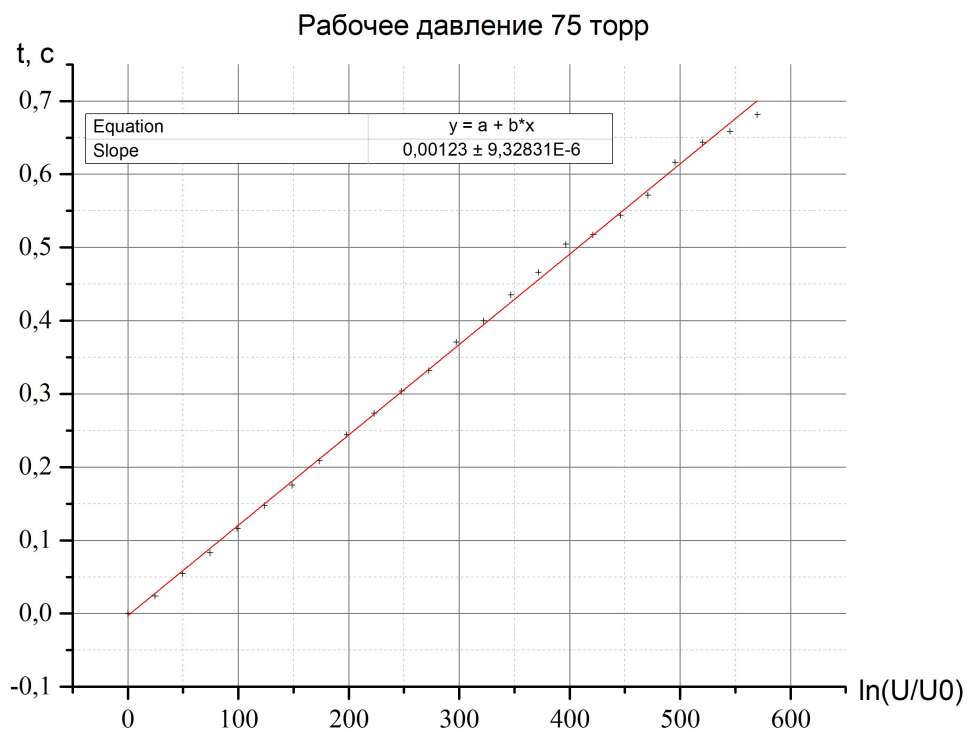
Графики:

Рабочее давление 40 торр



Рабочее давление 180 торр

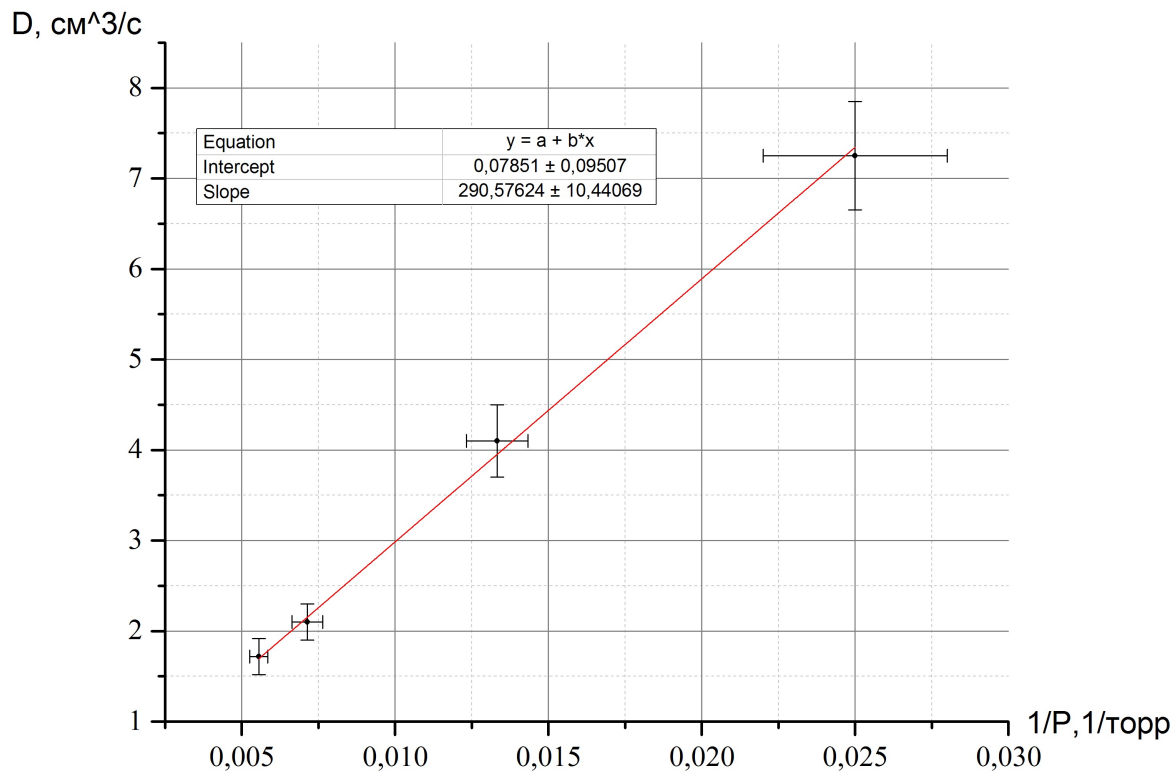




Получаем, что

P рабочее, торр	D, см ² /с
40	7,2 ± 0,6
75	4,1 ± 0,4
140	2,1 ± 0,2
180	1,72 ± 0,2

Теперь построим график D(1/P)



Тогда, проэкстраполировав к $P=757$ торр, получим, что $D = (0,46 \pm 0,07) \text{ см}^2/\text{с}$

$$D = \frac{1}{3} \lambda \langle v \rangle, \langle v \rangle = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

Тогда $\lambda \approx 10^{-7} \text{ м}$; $\sigma \approx 4 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2$

Литература

Лабораторный практикум по общей физике. Термодинамика/А.Д. Гладун - М, 2004 г