

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

филиал федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего профессионального образования
"Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева"
в г. Белово

Отчет

по лабораторной работе

«Изучение явлений переноса»

Выполнил ст. группы _____

(Ф.И.О.)

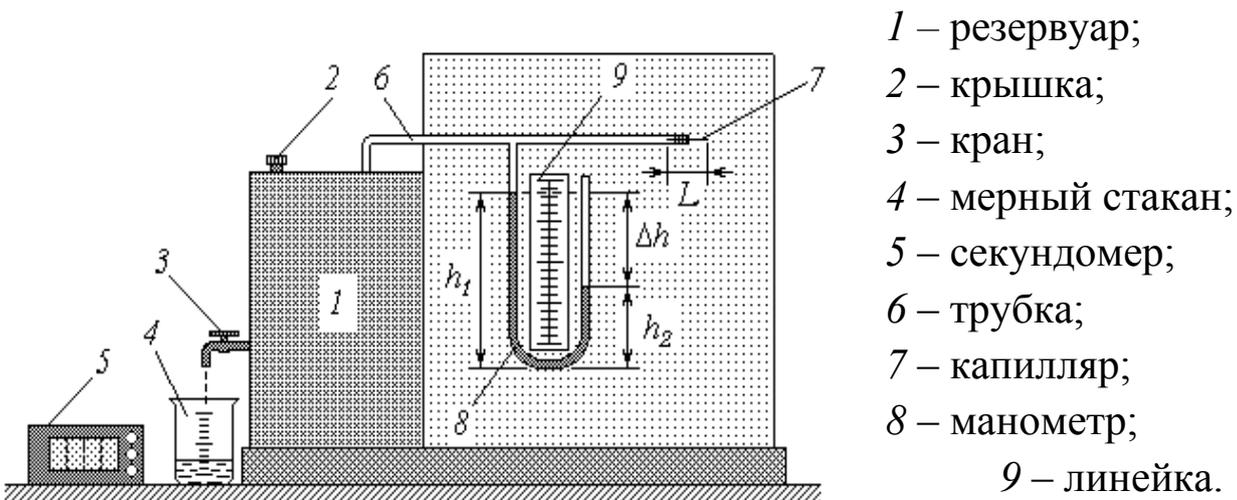
Преподаватель

Белов Сергей Викторович
(Ф.И.О.)

	дата	подпись
допуск		<i>Белов</i>
результаты		<i>Белов</i>
отчет		

Цель работы: 1) изучение явления внутреннего трения в газах; 2) экспериментальное определение коэффициента вязкости воздуха; 3) оценка средней длины свободного пробега молекул и их эффективного диаметра.

Схема экспериментальной установки



Расчетные формулы

$\eta = C(h_1 - h_2)t$ - вязкость воздуха

$\langle l \rangle = \frac{3\eta}{p} \sqrt{\frac{\pi RT}{8\mu}}$ - средняя длина свободного пробега

$d_s = \sqrt{\frac{kT}{\pi \sqrt{2} p \langle l \rangle}}$ - эффективный диаметр

$$V=210 \cdot 10^6 \text{ м}^3$$

$$L=45 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$r=0,47 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$T=293 \text{ К}$$

$$p=100908 \text{ Па}$$

$$g=9,8 \text{ м/с}^2$$

$$R=8,31 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$$

$$k=1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$$

$$\mu=29 \text{ кг/кмоль}$$

Расчет константы:

$$C = \frac{\pi r^4 \rho_w g}{8LV} = \frac{3,14 \cdot (0,47 \cdot 10^{-3})^4 \cdot 10^3 \cdot 9,8}{8 \cdot 45 \cdot 10^{-3} \cdot 210 \cdot 10^6} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{75600 \cdot 10^3} = 19,84$$

Результаты измерений высоты уровней воды в манометре, времени наполнения водой сосуда и расчета вязкости воздуха

Номер р опыта	$h_1,$ м	$h_2,$ м	$t,$ с	$\eta,$ мкПа · с	$\Delta\eta,$ мкПа · с	$(\Delta\eta)^2,$ (мкПа · с) 2
1	0,18	0,15	27,41	20,68	0,08	0,0064
2	0,17	0,14	54,35	20,83	0,23	0,0529
3	0,19	0,12	18,54	20,72	0,12	0,0144
4	0,20	0,11	12,25	20,56	0,04	0,0016
5	0,21	0,10	10,84	20,38	0,22	0,0484
$\Sigma =$				103,17	$\Sigma =$	0,1237

1. Найдем среднее значение коэффициента вязкости $\bar{\eta}$.

$$\bar{\eta} = \langle \eta \rangle = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \dots + \eta_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i}{n} = \frac{103,17}{5} = 20,6 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$$

2. Вычислим абсолютные погрешности отдельных измерений Δx_i (без учета знака), результаты занесли в таблицу .

$$\Delta \eta_1 = |\langle \eta \rangle - \eta_1|; \quad \Delta \eta_2 = |\langle \eta \rangle - \eta_2|; \quad \dots; \quad \Delta \eta_n = |\langle \eta \rangle - \eta_n|.$$

4. Рассчитаем среднее квадратичное отклонение от среднего арифметического из n измерений

$$\sigma_{\langle \eta \rangle} = \sqrt{\frac{\sum \Delta \eta_i^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{0,1237}{20}} = \sqrt{0,0062} = 0,078.$$

5. Для доверительной вероятности Q и числа измерений n найти коэффициент Стьюдента $t_{\alpha, n}$ (по таблице коэффициентов Стьюдента).

6. Рассчитать случайную погрешность измеряемой величины x по формуле

$$\Delta \eta_{\text{сл}} = t_{\alpha, n} \sigma_{\langle x \rangle} = 2,8 * 0,078 = 0,2184.$$

7. Учесть приборную погрешность $\Delta \eta_{\text{пр}} = 0,05$.

8. Рассчитать абсолютную погрешность n измерений по формуле

$$\Delta \eta = \sqrt{\Delta \eta_{\text{сл}}^2 + \Delta \eta_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,0025 + 0,0477} = 0,224$$

9. Вычислить относительную погрешность прямых измерений

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta \eta}{\langle \eta \rangle} \cdot 100\% = \frac{0,224}{20,6} * 100\% = 1,08\%$$

10. Записать результаты прямых измерений в виде:

$$\eta = \langle \eta \rangle \pm \Delta \eta .$$

$$\eta = (20,60 \pm 0,22) \text{ мкПа} \cdot \text{с}$$

11. Определим длину свободного пробега по формуле:

$$\langle l \rangle = \frac{3\eta}{p} \sqrt{\frac{\pi RT}{8\mu}} = \frac{3 * 20,6 * 10^{-6}}{100908} * \sqrt{\frac{3,14 * 8,31 * 293}{8 * 29 * 10^{-3}}} = 0,00061 * 10^{-6} * 182 = 0,1114 * 10^{-6} \text{ м}$$

12. Найдем эффективный диаметр:

$$d_s = \sqrt{\frac{kT}{\pi \sqrt{2} p \langle l \rangle}} = \sqrt{\frac{38 * 10^{-23} * 293}{3,14 * 1,41 * 100908 * 0,1114 * 10^{-6}}} = \sqrt{\frac{11134 * 10^{-23}}{0,0497}} = 149,7 * 10^{-12} = 0,149 \text{ нм}$$

Вывод: В данной лабораторной работе изучили внутреннее трение в газах. Экспериментально определили коэффициент вязкости воздуха $\eta = (20,60 \pm 0,22) \text{ мкПа} \cdot \text{с}$. Относительная погрешность составила 1,08%.

А также вычислили среднюю длину пробега молекул $\langle l \rangle = 0,1114 * 10^{-6} \text{ м}$.

Вычислили величину эффективного диаметра $d_s=0,149\text{нм}$.

Вывод: