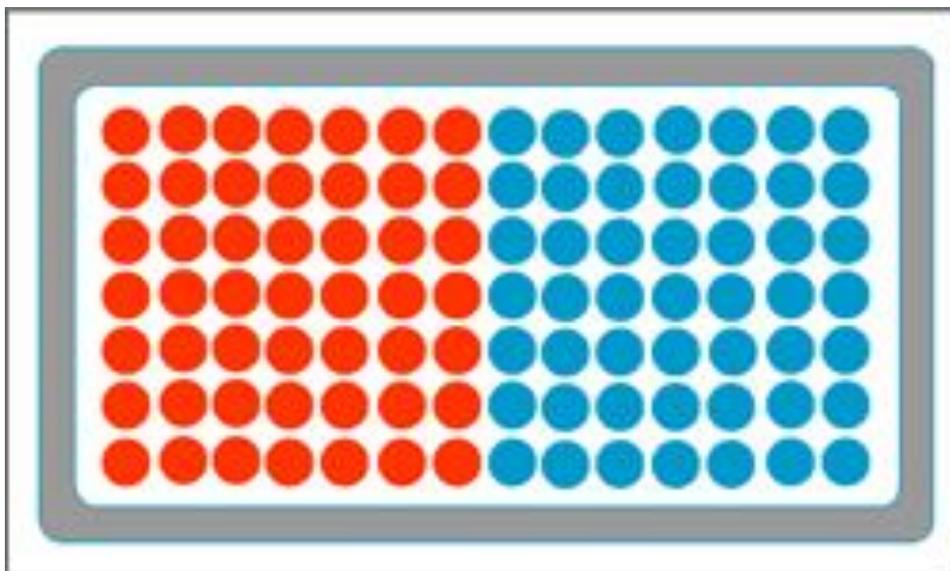


# Диффузия газов 2.2.1



*Диффузией* называют самопроизвольное взаимное проникновение веществ друг в друга, происходящее вследствие хаотического теплового движения молекул.

**Работу выполнили:**

**Сухов Артем и Полоник**

**Иван**

«yaminegotovi»

# Закон Фика

2

Плотность потока  
компонента

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

Концентрация  
компонента

Коэффициент диффузии

$$P = (n_{\text{He}} + n) kT$$



$$\Delta n_{\text{He}} = -\Delta n$$

Достаточно рассмотреть

Гелий:

$$j_{\text{He}} = -D \frac{\delta n_{\text{He}}}{\delta x}$$

$$P = \text{const} \quad T = \text{const}$$

# Оценка коэффициента диффузии

3

$$n_{\text{He}} \ll n$$

$$\mu_{\text{He}} \ll \mu_{\text{N}_2}, \mu_{\text{O}_2}$$



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

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} \pi d_{\text{He}}^2 n_{\Sigma}}$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi \mu_{\text{He}}}}$$

$$n_{\Sigma} = \frac{P}{kT}$$

- Попов П.В. Диффузия,

- Курс Термодинамики

ТГУ

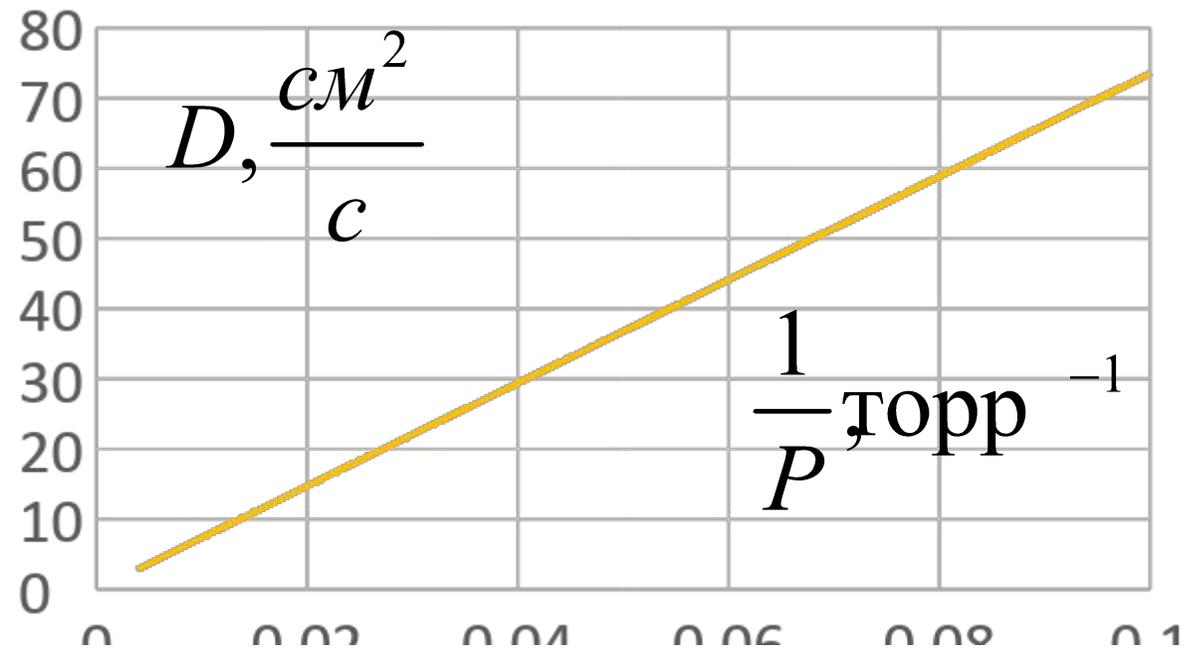
# Расчётная формула

4

$$D = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{8RT}{\pi\mu_{\text{He}}}} \frac{kT}{\sqrt{2\pi} d^2 P}$$

Диаметр  
молекулы  
гелия

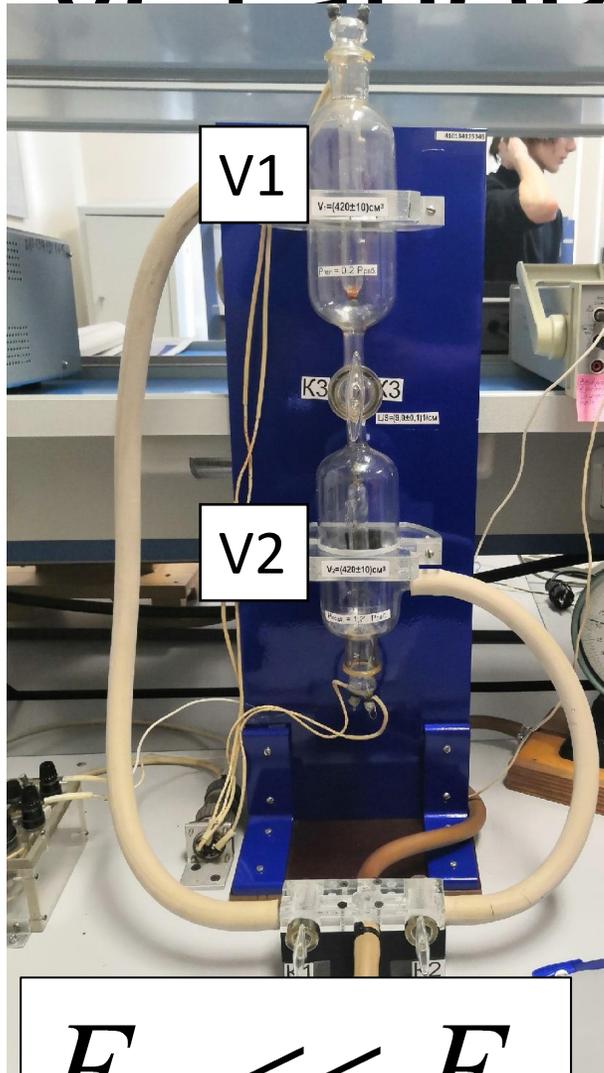
Проверим линейность  
таковой зависимости



# Экспериментальная

## установка

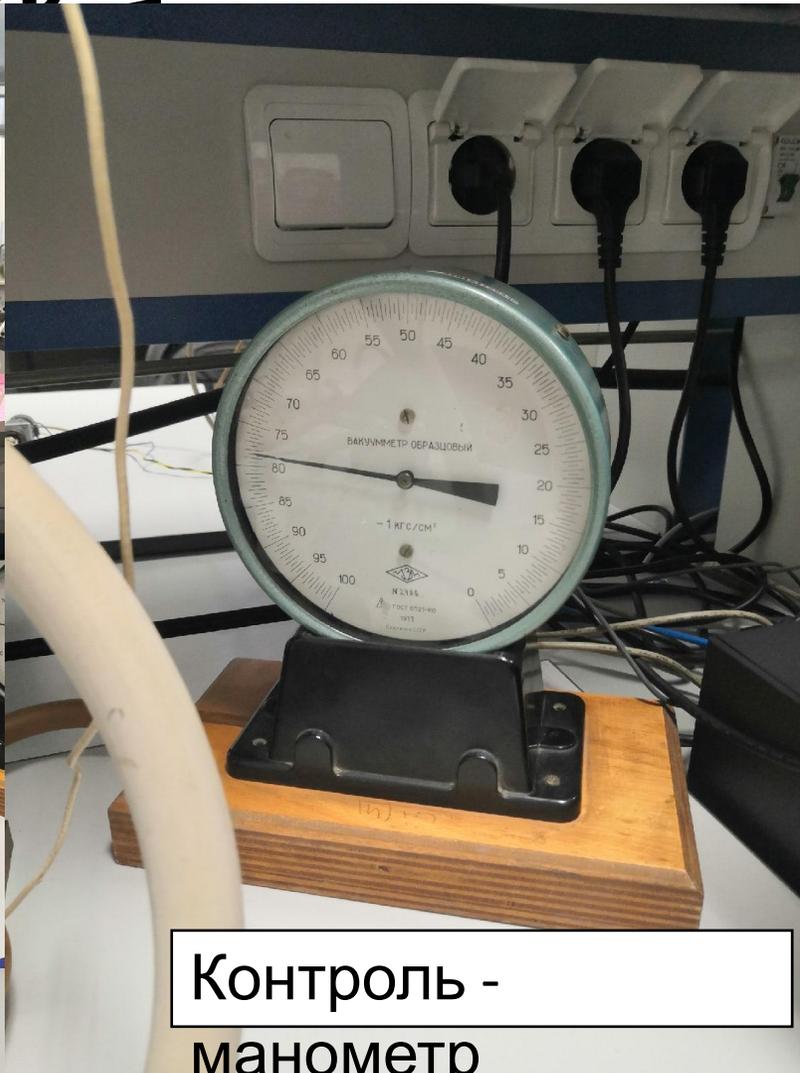
5



V1

V2

$$E_P \ll E_k$$



Контроль -  
манометр



Форвакуумный  
насос

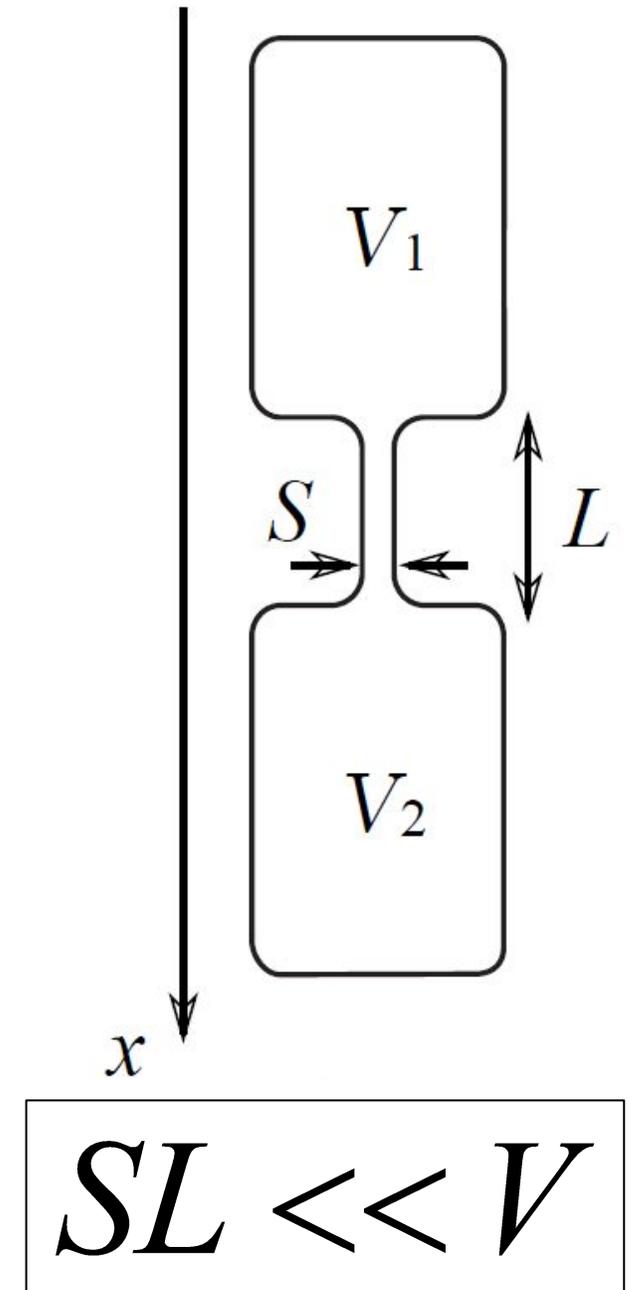
В V1 напускаем гелий до 0,1Р  
В V2 только воздух  
Выравниваем давления открыв  
боковые краны на 30-60 секунд

# Квазистационарное приближение $j = \text{const}$

$$n(x) = \frac{\Delta n}{L} x \quad \Delta n = n_2 - n_1$$

$$\frac{d(n_1 V)}{dt} = \frac{-d(n_2 V)}{dt} = jS$$

$\frac{d(\Delta n)}{dt} = \frac{\Delta n}{\tau}$	$\tau = \frac{1}{D} \frac{VL}{2S}$
--	------------------------------------



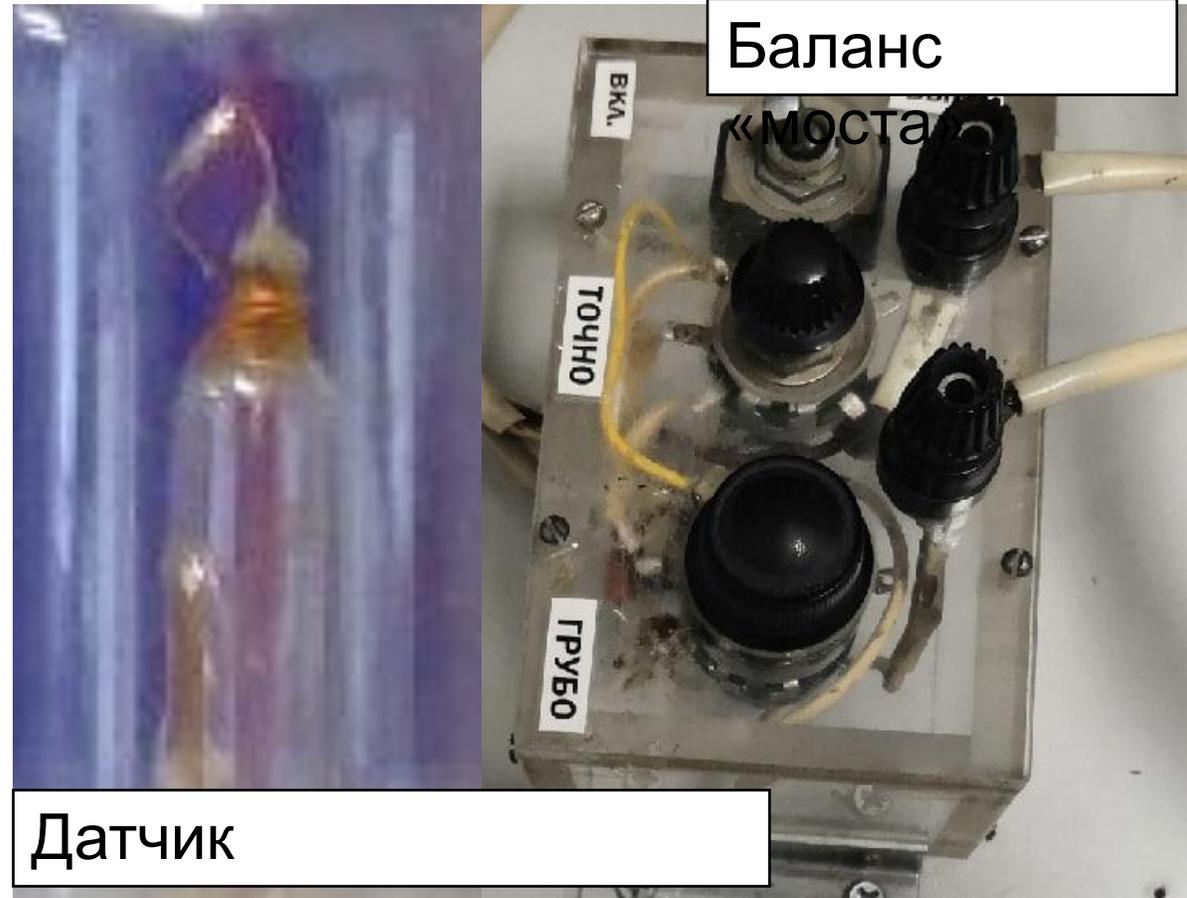
# Методика измерений разности 7 концентраций

$$U \propto \Delta k \propto \Delta n$$

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

$$\Delta k \approx \text{const} \cdot \Delta n$$

$$U = U_0 e^{-t/\tau}$$

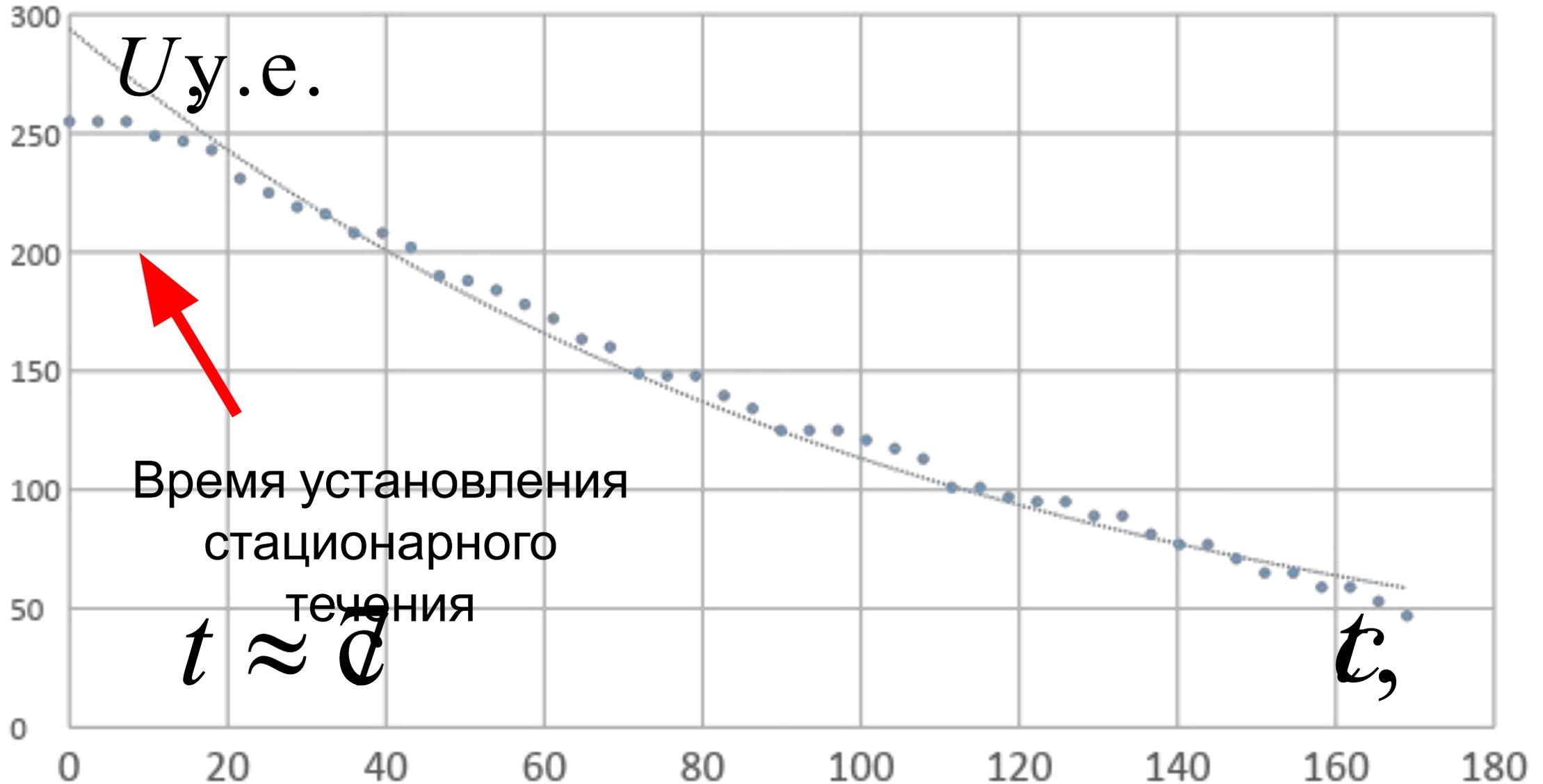


Датчик

теплопроводности

# 40 торр, рабочее давление (45 мВ)

8

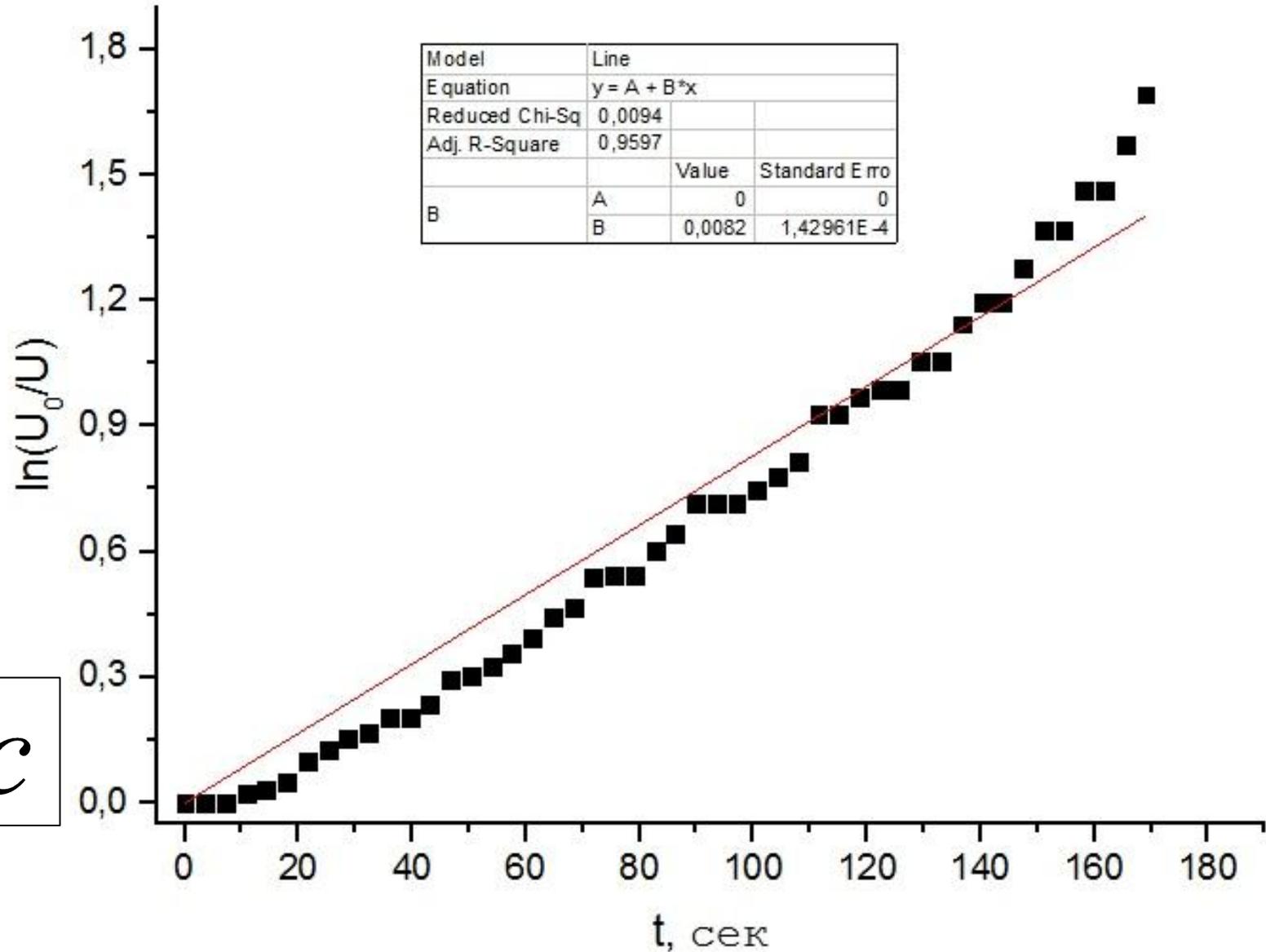


# Находим характерное время выравнивания

9

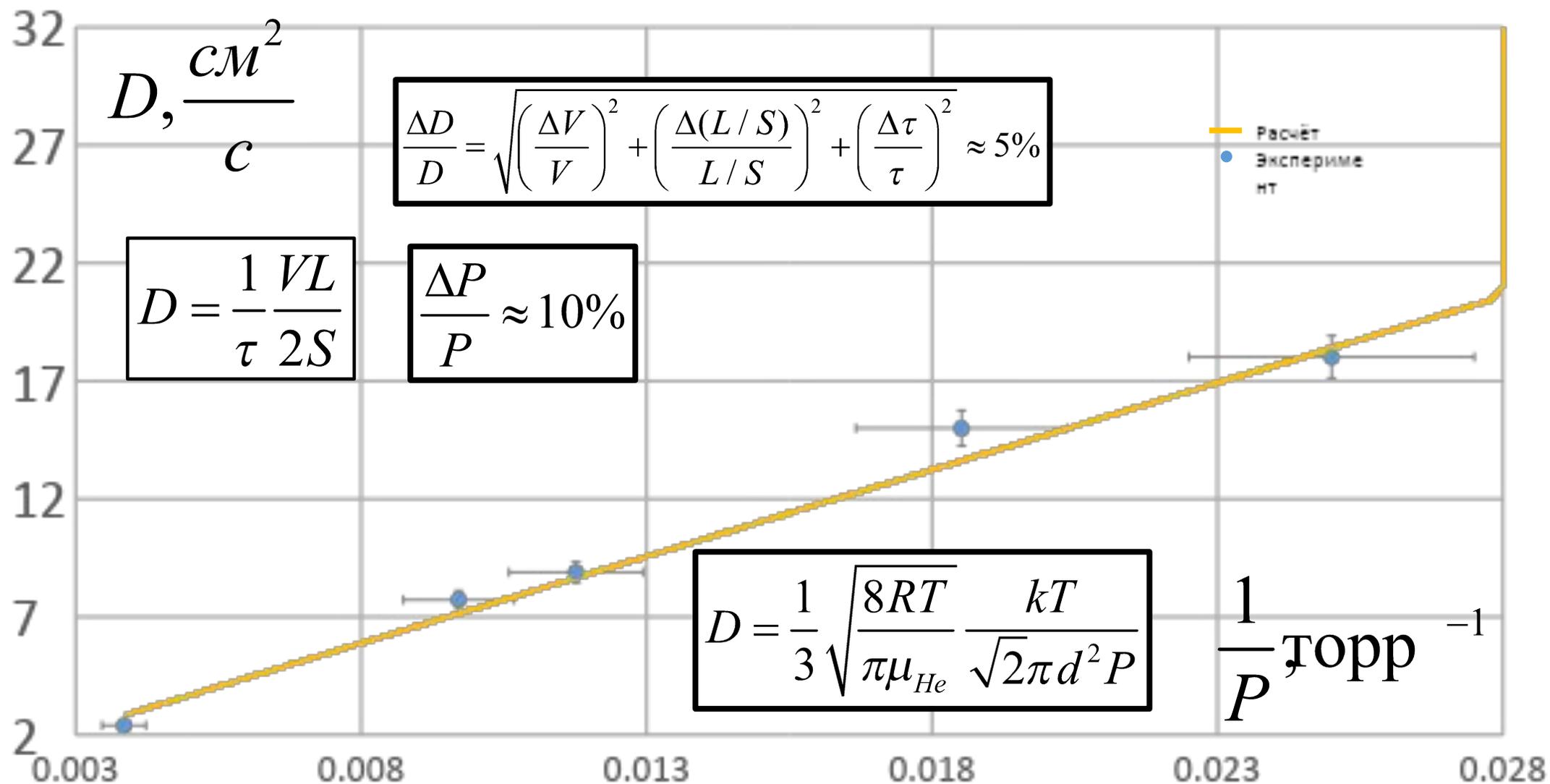
$$\tau = \frac{t}{\ln \frac{U_0}{U}}$$

$$\tau = 122 \pm 2 \text{ c}$$



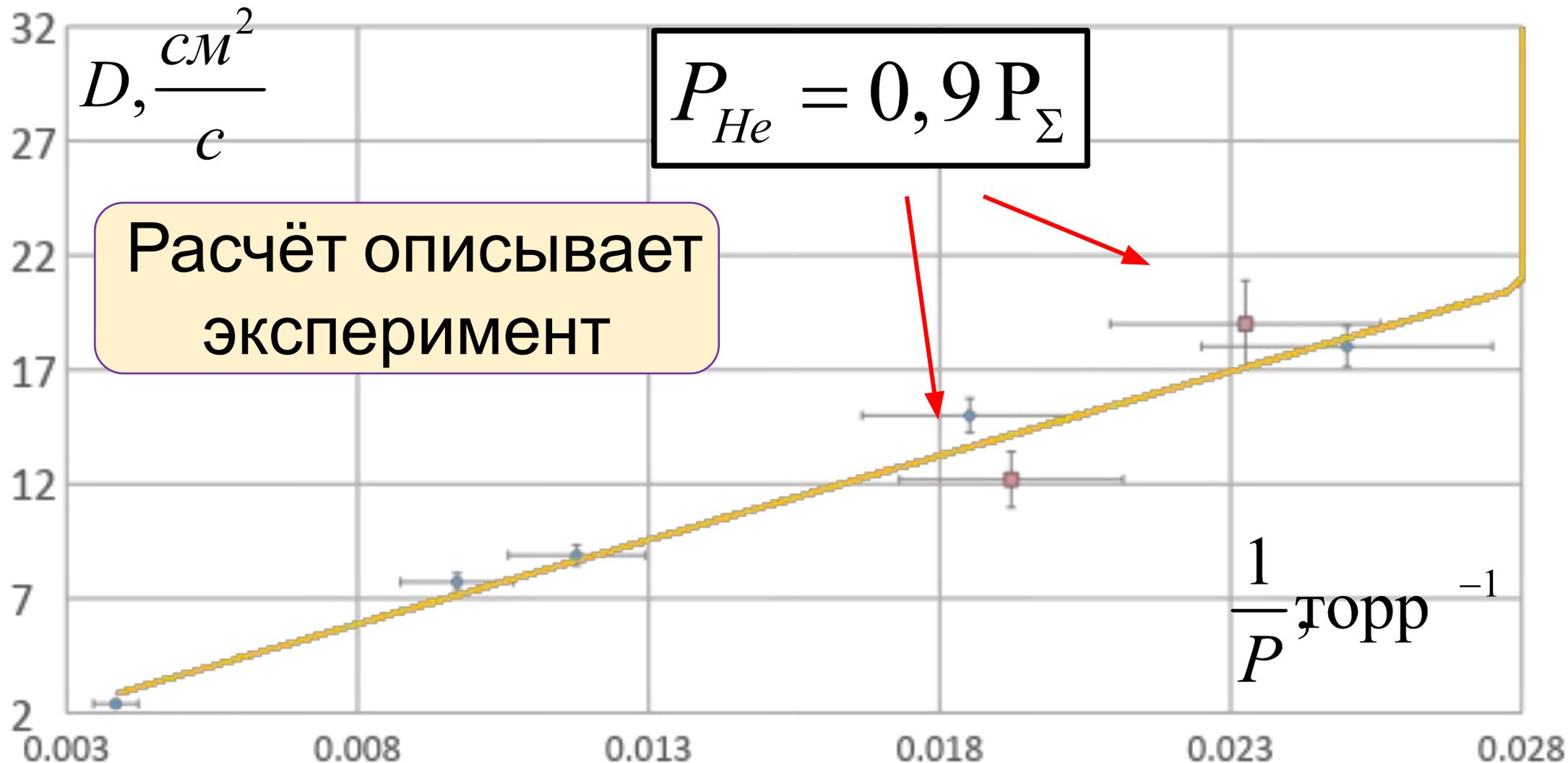
# Подтверждение расчётной модели

10



# Не зависит от соотношения газов

11



# Оценка длины пробега и эффективного сечения

12

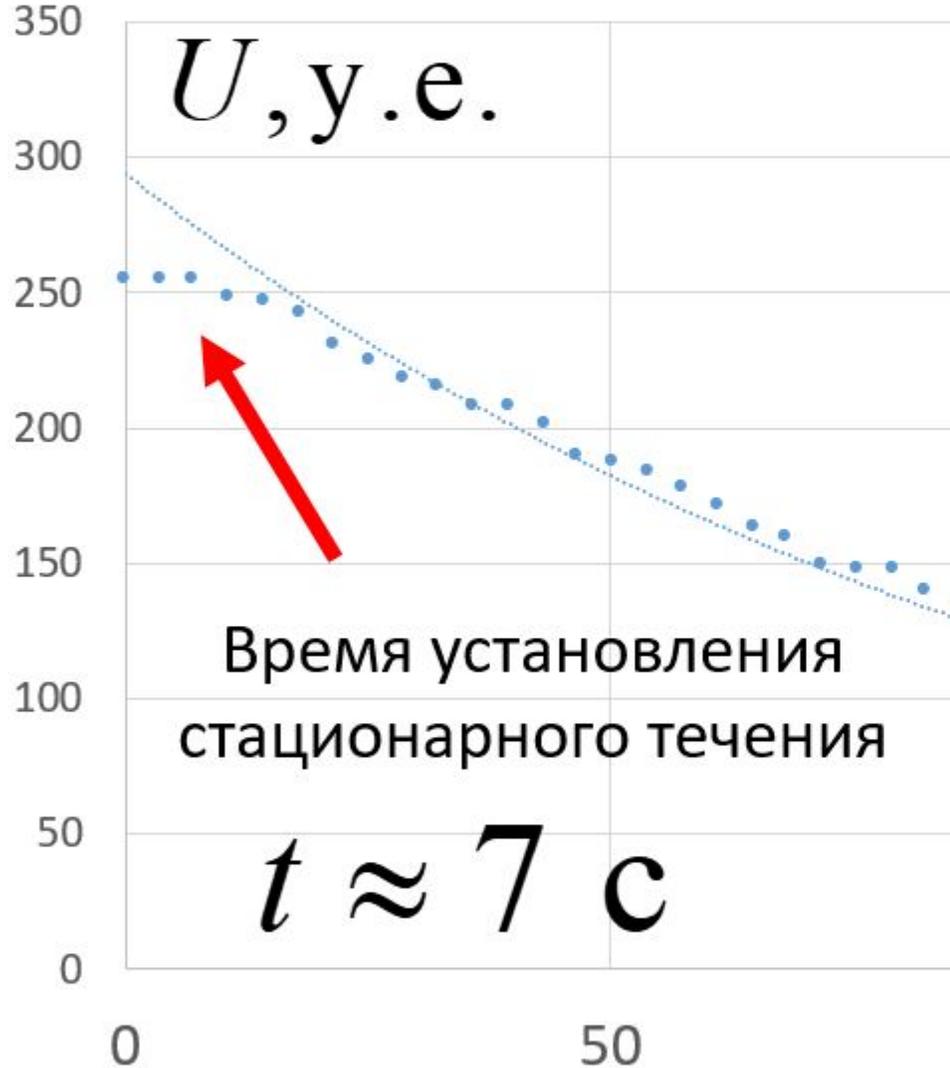
$$\lambda = \frac{3D}{v} = \frac{3 \cdot 18 \cdot 10^{-4}}{1,26 \cdot 10^3} = 4,3 \cdot 10^{-6} \pm 5\%$$

$$\sigma = \frac{kT}{\lambda P} = \frac{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300}{4,3 \cdot 10^{-6} \cdot (40 \cdot 133)} = 1,8 \cdot 10^{-19} \pm 15\%$$

# Оценка времени установления

13

## течения



$$D = \frac{1}{3} \lambda \nu \rightarrow \nu = \frac{3D}{\lambda}$$

$$\tau_{\text{диф}} = \frac{L}{\nu} \boxtimes \frac{L^2}{3D} \approx \frac{10^{-2}}{3 \cdot 18 \cdot 10^{-4}} \approx 2 \text{ c}$$

Попали в порядок

# Выводы