

## Получение и измерение вакуума

### 2.3.1

#### Цель работы:

- Измерение объёмов форвакуумной и высоковакуумной частей установки
- Определение скорости откачки системы в стационарном режиме, а также по ухудшению и по улучшению вакуума.

**В работе используются:** вакуумная установка с манометрами: масляным, термопарным и ионизационным.

#### Теория

По степени разрежения вакуумные установки принято делить на три класса:

- низковакуумные — до  $[10^{-2}; 10^{-3}]$  торр
- высоковакуумные —  $[10^{-4}; 10^{-7}]$  торр
- установки сверхвысокого вакуума —  $[10^{-8}; 10^{-11}]$  торр

С физической точки зрения низкий вакуум переходит в высокий, когда длина свободного пробега молекул газа оказывается сравнима с размерами установки (а течение газа становится сугубо молекулярным). Сверхвысокий вакуум характерен крайней важностью процессов адсорбции и десорбции частиц на поверхности вакуумной камеры.

Формула диффузии:

$$\frac{dN}{dt} = D \frac{dn}{dx} S$$

$$D = \frac{\lambda \bar{v}}{3}, \lambda = 2r \Rightarrow D = 2r\bar{v}/3 \quad (\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}}) \quad \frac{dn}{dx} = \frac{n_1 - n_2}{L}$$

Формула Кнудсена:

$$\frac{dN}{dt} = \frac{4}{3} r^3 \sqrt{\frac{2\pi kT}{m}} \frac{n_1 - n_2}{L}$$

Итоговая формула скорости убывания массы:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{4}{3} \boxed{r^3} \sqrt{\frac{2\pi \mu}{RT}} \frac{P_1 - P_2}{l}$$

Формула Пуазейля для сплошной среды:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{3\pi}{32} \frac{\boxed{r^4}}{\lambda} \sqrt{\frac{2\pi m}{kT}} \frac{P_1 - P_2}{L}$$

Основное отличие формул для расхода газа, имеющего свойства сплошной среды, и в случае очень разреженного газа в том, что расход сплошной среды пропорционален  $r^4$ , а разреженной — только  $r^3$

На границе раздела фаз силы межмолекулярного взаимодействия не скомпенсированы из-за разной плотности вещества, и поэтому пограничный слой обладает избытком энергии. Поглощение какого-либо вещества из газообразной среды или раствора поверхностным слоем жидкости или твёрдого тела называется **адсорбцией**.

Важные константы:



Измеряем пройденное расстояние линейкой, а время – секундомером, находим  $v_{уст}$ . Радиус шарика измеряем горизонтальным компаратором/микроскопом (для каждого шарика измеряем несколько диаметров и

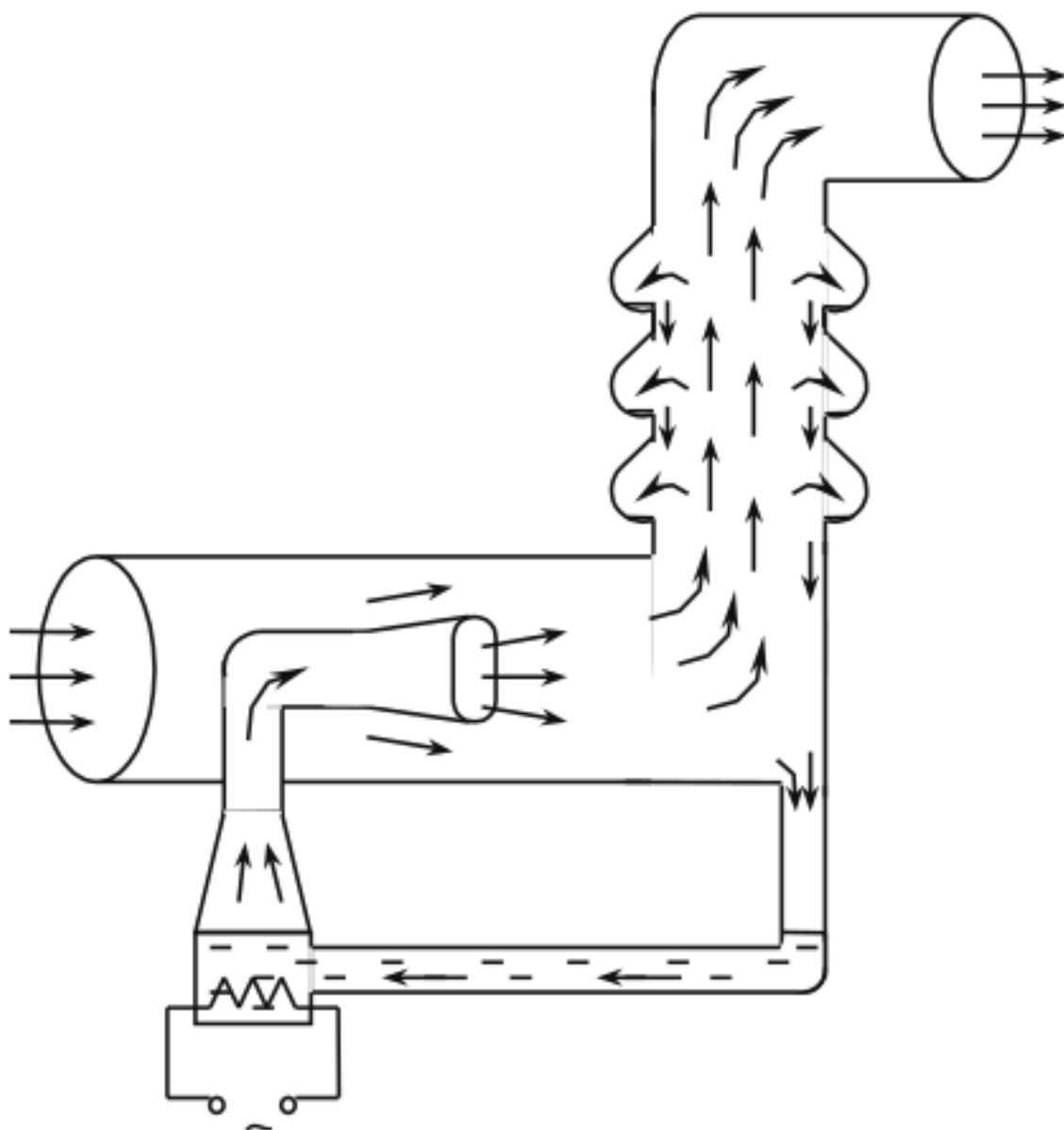


Рис. 3: Схема работы диффузионного насоса

берём среднее). Плотность шариков и жидкости – табличные значения.

Опыты проводятся при нескольких температурах в интервале от комнатной до 320 – 330 К.

Для каждой температуры проводим измерения с разными диаметрами шариков.

Построим график в координатах  $\ln \eta (T^{-1})$ .

Если во всем диапазоне встречающихся в работе скоростей и времён релаксации вычисленные по нашей формуле значения  $\eta$  оказываются одинаковыми, то формула Стокса правильно передаёт зависимость сил от радиуса шарика. Если всё-таки наблюдается корреляция  $\eta$  и  $r$ , то нужно использовать формулу:

$$\eta = \frac{2}{9} g r^2 \frac{\rho - \rho_{ж}}{v_{уст}} \cdot \frac{1}{1 + 2.4(r/R)}$$

где  $R$  – радиус сосуда.

## Ход работы

### Определение объёма форвакуумной и высоковакуумной частей установки

0. Проверим, что все краны в правильном положении.

1. Откроем кран К2, подождём несколько минут пока воздух заполнит установку

2. Откачаем форвакуумным насосом воздух до давления порядка  $10^{-2}$  торр.
3. Пустим воздух в форвакуумную часть установки и измерим давлению
4. Энергия ативации:
5. Погрешность:

## **Вывод**

## **Графики:**

