

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет» (ФГБОУ ВО УГНТУ)
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате

Кафедра «Информационных технологий»

Физика

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ
И ПЛОТНОСТИ ГАЗА МЕДОМ ОТКАЧКИ**

Отчет по лабораторной работе № 6

ИнТех- 18.03.02 –1.02.01 ЛР

Исполнитель:
студент гр. БМОз - 22-21

В.А.Медведев

Руководитель:
ассистент

Г.Ф. Шаяхметов

Салават
2023

Цель работы - ознакомление с одним из методов определения молекулярной массы и плотности газа.

Приборы и принадлежности: экспериментальная установка ФПТ1-12

Теоретическая часть

Молекулярной (молярной) массой называется масса одного моля вещества. В единицах СИ эта величина измеряется в килограммах на моль. Модем какого-либо вещества называется количество этого вещества, содержащее столько же структурных элементов (молекул, атомов и т.д.), сколько атомов содержится в 0,012 кг изотопа углерода ^{12}C . Молекулярную массу газа можно определить из уравнения газового состояния.

При не очень высоких давлениях, но достаточно высоких температурах газ можно считать идеальным. Состояние такого газа описывается уравнением Менделеева-Клапейрона:

$$P \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T, \quad (12.1)$$

где P - давление газа; V - объем газа, m - масса газа; μ - молярная масса газа; $R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K})$ - универсальная газовая постоянная; T - абсолютная температура газа.

Из уравнения (12.1) можно получить формулу для молярной массы газа:

$$\mu = \frac{m \cdot R \cdot T}{P \cdot V}. \quad (12.2)$$

Если измерение давления P объема V , температуры T газа, т.е. параметров газа, входящих в формулу (12.2) не вызывает особенных трудностей, то определение массы газа выполнить практически невозможно, так как взвешивание газа возможно только вместе с колбой, в которой он находится. Поэтому для определения μ необходимо исключить массу сосуда. Это можно сделать, рассмотрев уравнение состояния двух масс m_1 и m_2 одного и того же газа при неизменных температуре T и объеме V .

Пусть в колбе объемом V находится газ массой g при давлении P_i и

температуре T . Уравнение состояния (12.1) для этого газа имеет вид

$$P_1 \cdot V = \frac{m_1}{\mu} R \cdot T. \quad (12.3)$$

Откачаем часть газа из колбы, не изменяя его температуры. После откати массы газа, что оставалась в колбе, и его давление уменьшились. Обозначим их соответственно m_2 и P_2 и снова запишем уравнение состояния

$$P_2 \cdot V = \frac{m_2}{\mu} R \cdot T. \quad (12.4)$$

Из уравнений (12.3) и (12.4) получим:

$$\mu = \frac{m_1 - m_2}{P_1 - P_2} \cdot \frac{R \cdot T}{V}. \quad (12.5)$$

Полученная формула (12.5) дает возможность определить μ , если известно изменение массы газа (но не сама масса), а также изменение давления, температура и объем газа.

В данной работе исследуемым газом является воздух, который представляет собой смесь азота, кислорода, аргона и других газов.

Формула (12.5) пригодна и для определения μ смеси газов. Найденное в этом случае значение и представляет собой некоторую среднюю или эффективную молярную массу смеси газов. Молярная масса смеси газов может быть рассчитана и теоретически, если известно процентное содержание и молярная масса каждого из газов, входящих в состав смеси, по формуле

$$\mu_c = \frac{1}{\frac{m_1}{m} \cdot \frac{1}{\mu_1} + \frac{m_2}{m} \cdot \frac{1}{\mu_2} + \dots + \frac{m_n}{m} \cdot \frac{1}{\mu_n}}, \quad (12.6)$$

где $\frac{m_1}{m}, \frac{m_2}{m}, \dots, \frac{m_n}{m}$ – относительное содержание каждого газа; $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ – молярные массы газов.

Если известна молярная масса газа, то можно легко определить еще одну важную характеристику газа - его плотность ρ . Плотность газа - это масса единицы объема газа:

$$\rho = \frac{m}{V}. \quad (12.7)$$

Определив $\frac{m}{V}$ из уравнения Менделеева-Клапейрона, получим

$$\rho = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T}. \quad (12.8)$$

Плотность смеси газов можно вычислить по формуле (12.8), подразумевая под μ эффективную молярную массу смеси.

Экспериментальная установка

Для определения молекулярной массы воздуха предназначена экспериментальная установка ФПТ1-12, общий вид которой показан на рисунке 1.

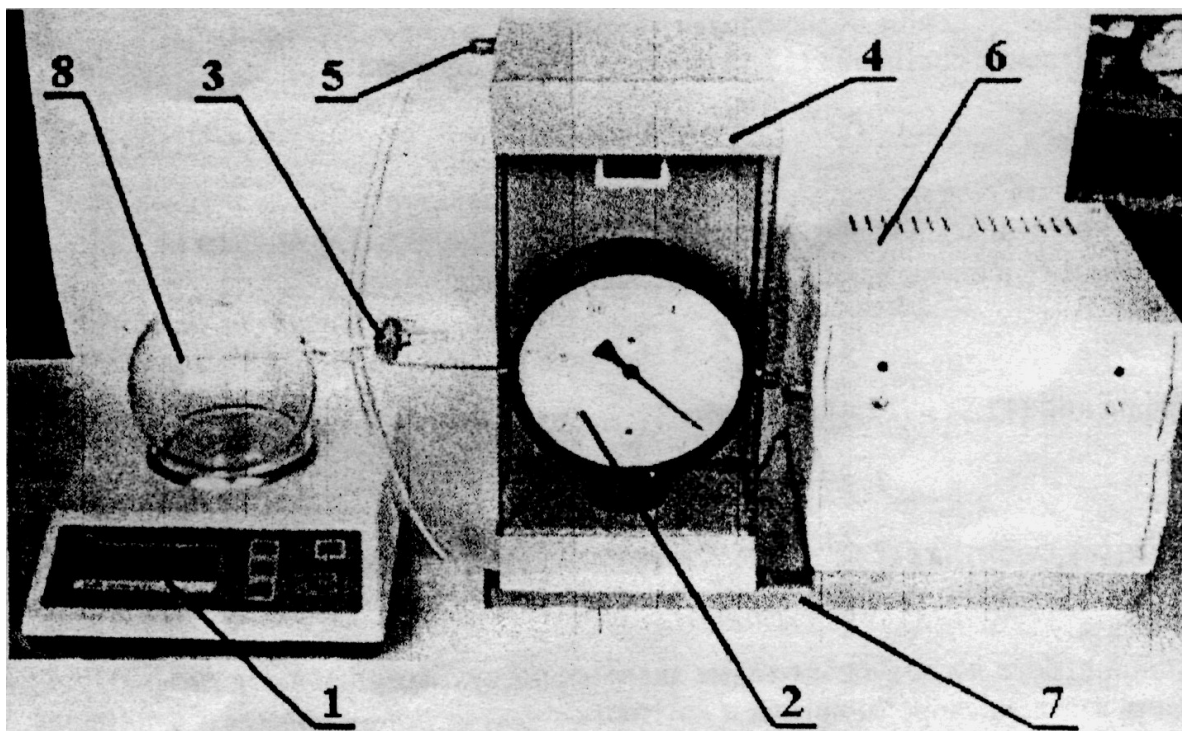


Рисунок 1 *Общий вид экспериментальной установки ФПТ1-12:*

*1 - весы; 2 - вакуумметр; 3 - вакуумный кран; 4 - измерительный блок;
5 - входной патрубок компрессора; 6 - компрессор; 7 - стойка; 8 - колба*

Рабочим элементом установки является стеклянная колба 8, соединенная со стрелочным вакуумметром 2, показания которого P есть разность между атмосферным давлением в лаборатории P_0 и давлением газа в

колбе P_k . Колба имеет отросток с краном, который с помощью резиновой трубки соединяется с входным патрубком 5 компрессора 6. Колба установлена на тарелке электронных весов 1. Значение объема V колбы $1 \pm 10\%$ л.

Порядок выполнения работы

1. Подать напряжение питания на электронные весы, включив установку тумблером «Сеть».
2. С помощью электронных весов определить массу колбы с воздухом (m_0+m_1) при давлении P_1 .
3. Включив компрессор тумблером «Пуск» и, открыв кран, откачать воздух из колбы до давления P_2 , после чего, закрыв кран и выключив компрессор, определить с помощью весов массу колбы с воздухом (m_0+m_2) при давлении P_2 . Полученные результаты занести в таблицу.
4. Повторить измерения по пп. 2-3 не менее 3 раз.
5. Измерить температуру воздуха в лаборатории.
6. Выключить установку тумблером «Сеть».

Таблица

№ изм.	m_0+m_1 , кг	m_0+m_2 , кг	$m_1- m_2$ кг	P_1 , Па	P_2 , Па	P_1-P_2 , Па	T , К	μ , кг/моль	ρ , кг/м ³
1	0,202	0,200	0.002	$9,8 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	8×10^4	297	0,062	2,5
2	0,201	0,199	0.0019	$9,8 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	8×10^4	297	0,059	2,3
3	0,200	0,199	0,001	$9,8 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$	8×10^4	297	0,0309	1,2

Расчетная часть

1. Расчет молекулярной массы газа

$$\mu = \frac{m_1 - m_2 \times R \times T}{p_1 - p_2 \times V}.$$

а) Для первого измерения

$$\mu_1 = \frac{0,002 \times 8,31 \times 297}{8 \times 10^4 \times 10^{-3}} = 0,062 (\text{кг} / \text{моль})$$

б) Для второго измерения

$$\mu_2 = \frac{0,0019 \times 8,31 \times 297}{8 \times 10^4 \times 10^{-3}} = 0,059 (\text{кг} / \text{моль})$$

в) Для третьего измерения

$$\mu_3 = \frac{0,001 \times 8,31 \times 297}{8 \times 10^4 \times 10^{-3}} = 0,0309 (\text{кг} / \text{моль})$$

2. Расчет плотности газа

$$\rho = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T}$$

а) Для первого измерения

$$\rho_1 = \frac{9,8 \times 10^4 \times 0,062}{8,31 \times 297} = 2,5 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

б) Для второго измерения

$$\rho_2 = \frac{9,8 \times 10^4 \times 0,059}{8,31 \times 297} = 2,3 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

в) Для третьего измерения

$$\rho_3 = \frac{9,8 \times 10^4 \times 0,0309}{8,31 \times 297} = 1,2 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

Вывод: ознакомился с одним из методов определения молекулярной массы и плотности газа, а также рассчитал молекулярную массу и плотность газа. Молекулярная масса $\mu_1=0,062$ (кг\моль); $\mu_2=0,059$ (кг/моль); $\mu_3=0,062$ (кг/моль). Плотность газа $\rho_1=2,5$ (кг/м³); $\rho_2=2,3$ (кг/м³); $\rho_3=2,3$ (кг/м³).

