

Лабораторная работа 022

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЯРНОЙ МАССЫ ГАЗА

Цель работы – ознакомление с одним из методов определения молярной массы и плотности газа.

Приборы и принадлежности: мяч, термометр, манометр, весы, насос, различные газы.

Виртуальная лаборатория: <http://efizika.ru/html5/22/index.html>

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 . Молярную 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 Клапейрона-Менделеева:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT \quad (1)$$

где P – давление газа, V – объем газа, m – масса газа, μ – молярная масса газа; R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура газа.

Из уравнения (1) можно получить формулу для молярной массы газа:

$$\mu = \frac{mRT}{PV} \quad (2)$$

Если измерение давления P , объема V , температуры T газа, т.е. параметров газа, входящих в формулу (2) не вызывает особых трудностей, то определение массы газа выполнить практически невозможно, так как взвешивание газа возможно только вместе с мячом, в котором он находится. Поэтому для определения μ необходимо исключить массу мяча. 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 мяче объемом V находится газ массой m_1 при давлении P_1 и температуре T . Уравнение состояния (1) для этого газа имеет вид:

$$P_1V = \frac{m_1}{\mu} RT \quad (3)$$

Закачаем газ, не изменяя его температуры. После закачки масса газа, и его давление увеличились. Обозначим их соответственно m_2 и P_2 и снова запишем уравнение состояния

$$P_2V = \frac{m_2}{\mu} RT \quad (4)$$

из уравнений (3) и (4) получаем

$$\mu = \frac{m_2 - m_1}{P_2 - P_1} \frac{RT}{V} \quad (5)$$

Полученная формула (5) дает возможность определить μ , если известно изменение массы газа (но не сама масса), а также изменение давления, температура и объем газа.

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

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (6)$$

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

$$\rho = \frac{P\mu}{RT}, \quad (7)$$

Плотность смеси газов можно вычислить по формуле (7), подразумевая под μ эффективную молярную массу смеси.

Экспериментальная установка

Для определения молярной массы воздуха предназначена модель экспериментальной установки, общий вид которой показан на рис. 1.

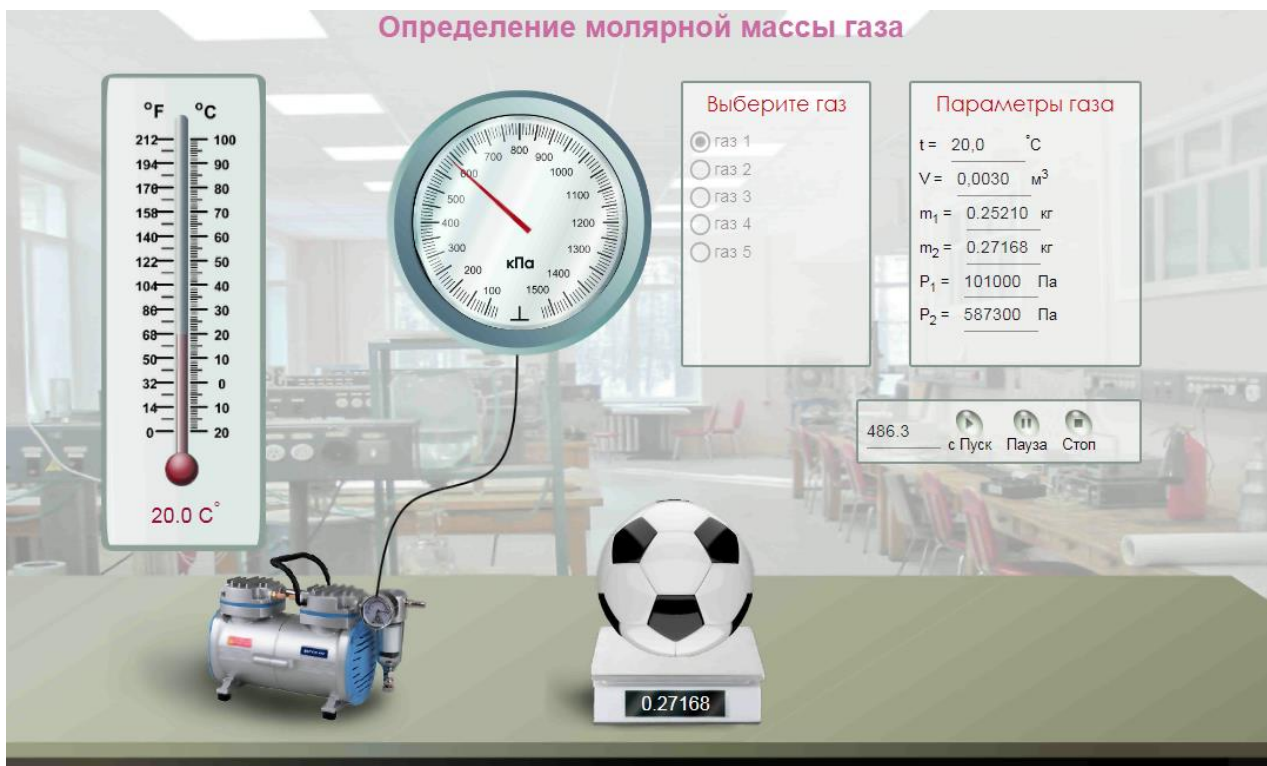


Рис 1. Лабораторная установка

Ход работы

1. Ознакомиться с экспериментальной установкой и подготовить ее к работе.
2. Установить параметры газа t , V .
3. Определите массу мяча с газом m_1 при давлении P_1 с помощью электронных весов. Полученные значения занесите в таблицу 1.
4. Перетащить мяч к компрессору и произвести закачку до давления P_2 . Полученные значения занесите в таблицу 1.
5. Определите с помощью весов массу мяча с газом m_2 при давлении P_2 . Полученные результаты занесите в таблицу 1.
6. Определите массу закаченного газа ($m_2 - m_1$) и разность давлений ($P_2 - P_1$) для каждого проведенного измерения.
7. Вычислите по формуле (5) значение молярной массы газа для каждого проведенного измерения.
8. Вычислите по формуле (7) плотность газа для каждого проведенного измерения, используя найденное значение молярной массы.

Таблица 1

№ п/	Номер газа	m_1 , кг	m_2 , кг	$m_2 - m_1$, кг	P_1 , Па	P_2 , Па	$P_2 - P_1$, Па
1							
2							
3							

продолжение таблицы 1

T , К	V , м ³	μ , кг/моль	ρ , кг/м ³

9. Сформулировать выводы.

Контрольные вопросы

1. Какая из измеряемых величин более всего влияет на относительную погрешность?
2. Что такое молярная масса газа?
3. Каков физический смысл универсальной газовой постоянной?
4. Запишите и объясните уравнение Клапейрона-Менделеева, указав случаи его использования для практических вычислений.
5. Объясните, в чем заключается метод для определения молярной массы газа.
6. Выведите расчетную формулу для определения молярной массы газа, которая используется в данной работе.