

## Лабораторная работа № 2

### Определение универсальной газовой постоянной методом откачки

*Цель работы* определение универсальной газовой постоянной  $R$ , одинаковой для всех идеальных газов.

#### Теоретическая часть

Универсальную газовую постоянную можно определить, используя уравнение Менделеева – Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT, \quad (1)$$

где  $p$  – давление газа,  $V$  – объём газа,  $m$  – масса газа,  $M$  – молярная масса газа,  $T$  – абсолютная температура газа. Все параметры, входящие в уравнение (1), можно измерить непосредственно, за исключением массы, так как взвешивание газа возможно только вместе с сосудом, в который он заключён, поэтому для определения массы необходимо исключить массу сосуда. Это можно сделать, рассмотрев два состояния одного и того же газа при неизменных температуре  $T$  и объёме  $V$ . Пусть в первом состоянии масса газа  $m_1$ , а во втором  $m_2$ . Масса сосуда с воздухом в первом состоянии  $m'_1 = m_0 + m_1$ , где  $m_0$  – масса сосуда, а масса сосуда во втором состоянии  $m'_2 = m_0 + m_2$ , очевидно, что  $m_2 - m_1 = m'_2 - m'_1$ .

Записав уравнение (1) для двух состояний газа, получаем систему из двух уравнений, решение которой даёт выражение для универсальной газовой постоянной

$$R = \frac{M(p_2 - p_1)V}{(m_2 - m_1)T} = \frac{M(p_2 - p_1)V}{(m'_2 - m'_1)T} = \frac{M\Delta pV}{\Delta m'T}. \quad (2)$$

Таким образом, для определения универсальной газовой постоянной необходимо определить разность масс сосуда с воздухом при атмосферном давлении и после откачки  $\Delta m' = m'_2 - m'_1$ , и остальные величины в формуле (2).

#### Экспериментальная часть

##### Описание установки

Схематический вид установки показан на рис. 1. Установка состоит из стеклянного баллона (1) объёмом  $V$ , имеющего вакуумный кран (2) (кран (2) на рис. 1 показан в положении «Открыто») и штуцер

(3). С помощью шланга (4) баллон можно соединить с откачивающей системой, которая состоит из компрессора, работой которого можно

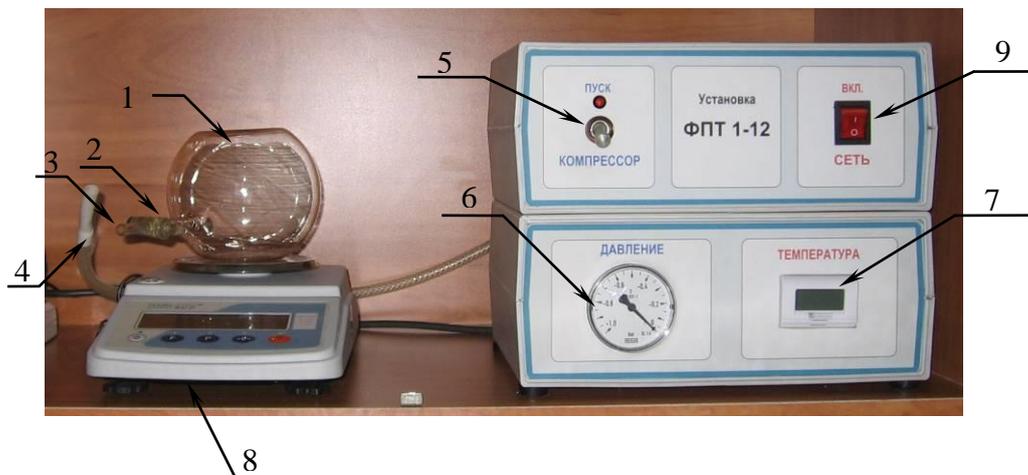


Рис. 1. Экспериментальная установка

управлять тумблером (5) и стрелочного вакуумметра (6). Электронный термометр (7) предназначен для определения температуры воздуха в аудитории.

В комплект приборов входят также электронные весы (8), предназначенные для взвешивания баллона.

### Выполнение работы

1. Включить установку сетевым выключателем (9) при этом на табло электронного термометра (7) высветится значение температуры воздуха в аудитории. Спустя 1 мин после включения, определить температуру воздуха в баллоне  $t_1$ , считая её равной комнатной температуре. Записать показания термометра  $t_1$ .
2. Соединить баллон (1) с откачивающей системой при помощи шланга (4). Открыть кран (2) на баллоне, для этого ручку крана (2) установить параллельно штуцеру (3). Включить компрессор тумблером (5) и следить за откачкой баллона по вакуумметру (6).
3. После того, как показания вакуумметра (6) перестанут

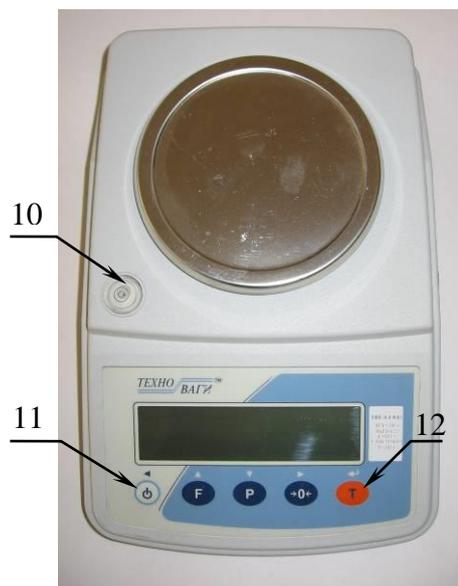


Рис. 2. Весы

- меняться со временем, что будет свидетельствовать о достижении предельного разрежения, которое может создать компрессор, записать показание вакуумметра  $\Delta p$ , которое будет соответствовать разности давлений воздуха в аудитории и в баллоне после откачки. **Закрывать кран (2)** на баллоне, повернув его на угол  $90^\circ$ . Выключить компрессор тумблером (5).
4. Отсоединить баллон (1) от откачивающей системы.
  5. Убедиться по уровню (10) (рис. 2), что электронные весы установлены горизонтально. Приподнять баллон (1) с чаши электронных весов и включить их нажатием в течение 5 с на кнопку (11). Аккуратно положить баллон (1) на чашу весов и дождаться установившихся показаний. Произвести тарирование весов нажатием на кнопку (12).
  6. Осторожно открыть кран (2) на баллоне (1) повернув его на угол  $90^\circ$ .
  7. Дождаться установившихся показаний весов, при этом на их табло высветится разность масс  $\Delta m'$  баллона после откачки и баллона заполненного воздухом. Значение  $\Delta m'$  записать.
  8. Определить температуру воздуха в баллоне  $t_2$ , считая её равной комнатной температуре. Рассчитать среднее значение температуры и, переведя в кельвины, записать  $\langle T \rangle$ .
  9. Вычислить универсальную газовую постоянную  $R$  по формуле (2), учитывая, что молярная масса воздуха  $M = 29,0 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Значение объёма баллона  $V = 0,950 \pm 0,005$  л.
  10. Рассчитать абсолютную  $\Delta R$  и относительную  $\varepsilon_R$  погрешности. Записать окончательный результат и сравнить его с табличным с учётом погрешности.

### Контрольные вопросы

1. Пояснить физический смысл универсальной газовой постоянной.
2. Назвать возможные изопроцессы в газах, записать уравнения этих процессов, построить их диаграммы.
3. Дать определение моля и молярной массы вещества.
4. Объяснить устройство и принцип действия механических ротационных вакуумных насосов (форвакуумные насосы).
5. Объяснить устройство и принцип действия вакуумметра, используемого в работе.

## Литература

1. Лабораторный практикум по физике. Под ред. Ахматова А.С. М. 1980.
2. Кикоин И.К., Кикоин А.К. Молекулярная физика.— СПб. Лань, 2008. — 480 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т. Том 1. Механика. Молекулярная физика. - 13-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2017. — 436 с.
4. Физический энциклопедический словарь. М. 1990.

## Лабораторная работа № 2. Лист отчёта

### Определение универсальной газовой постоянной методом откачки

Выполнил студент \_\_\_\_\_  
 Факультет \_\_\_\_\_ курс \_\_\_\_\_ группа \_\_\_\_\_  
 Проверил \_\_\_\_\_  
 Показания сняты \_\_\_\_\_  
 Зачтено \_\_\_\_\_

Погрешности измерительных приборов  $\alpha =$  \_\_\_\_\_

Измерительный прибор	$\omega$ – цена деления	$\Delta_{\text{окр}}$ – округления	$\Delta_{\text{пр}}$ – приборная	$\Delta_{\text{суб}}$ – субъективная	Единицы измерения
Весы					
Барометр					
Электронный термометр					
Вакуумметр					

#### Результаты измерений

Величина	Значение		Абсолютная погрешность	Единицы измерения	Относительная погрешность
$t_1 =$		$\pm$			
$\Delta p =$		$\pm$			
$\Delta m' =$		$\pm$			
$t_2 =$		$\pm$			
$\langle T \rangle =$		$\pm$			

#### Константы и параметры установки

Величина	Значение		Абсолютная погрешность	Единицы измерения	Относительная погрешность
$M =$		$\pm$			
$V =$		$\pm$			

Формулы для расчёта косвенных измерений

Ответ:

Величина	Значение		Абсолютная погрешность	Единицы измерения	Относительная погрешность
$R =$		$\pm$			
Табличное значение					
$R_t =$		$\pm$			

Интервалы сравнений