

Лабораторная работа № 12
ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТА ОБЪЕМНОГО РАСШИРЕНИЯ ГАЗА

Цель работы: изучение законов Гей-Люссака и Бойля-Мариотта. Экспериментальное определение коэффициента объемного расширения газа.

Принадлежности: сосуд с водой, колба, манометр с водой, термометр, электрокипятильник.

Основные понятия и определения

Определение коэффициента объемного расширения газа α производится на основании закона Гей - Люссака, который имеет вид:

$$V = V_0 (1 + \alpha t), \quad (1)$$

где V_0 и V_t соответственно объем газа при 0°C и $t^\circ\text{C}$ при постоянном давлении.

Из формулы (1) следует:

$$\alpha = \frac{(V - V_0)}{V_0 t}. \quad (2)$$

Если положить $V_0 = 1$, $t = 1^\circ\text{C}$, то $\alpha = V_t - V_0 = \Delta V$. Таким образом, *коэффициент объемного расширения газа равен изменению единицы объема газа при изменении температуры на 1 градус при постоянном давлении*. Этот коэффициент для всех газов практически одинаков и является постоянной величиной. Однако для его определения необходимо измерять объемы газов при 0°C и $t^\circ\text{C}$, что связано с некоторыми трудностями. Чтобы избежать этих трудностей воспользуемся законом Шарля, который имеет вид:

$$P = P_0(1 + \alpha_1 t), \quad (3)$$

где P_0 и P_t соответственно давление данного газа при 0°C и $t^\circ\text{C}$ при постоянном объеме.

Из (3) следует:

$$\alpha_1 = \frac{(P - P_0)}{m_0 t}. \quad (4)$$

Опыт показывает, что α и α_1 для всех газов практически одинаковы в пределах давления, при которых выполняется закон Бойля-Мариотта. Поэтому можно определить вместо α значение α_1 , что экспериментально выполняется более просто.

Устройство для определения
коэффициента объемного расширения газа

Установка изображена на рис. 1. На панели 1 укреплен водяной манометр 2. Одно колено манометра соединено резиновой трубкой с тройником 4, имеющим сообщение с воздухом посредством резиновой трубки с зажимом 5. Свободный конец тройника соединяется с колбой 6, плотно закрытой пробкой. Плавное перемещение правого конца манометра вверх производится с помощью винта 3. Температура определяется по термометру 7. Вода в сосуде нагревается с помощью электрокипятильника 8. При открытом зажиме на тройнике сосуд с колбой устанавливается на некоторой высоте, чтобы свободная поверхность воды, заполняющей колена манометра, установилась на линии H_0 . После этого установка готова к работе.

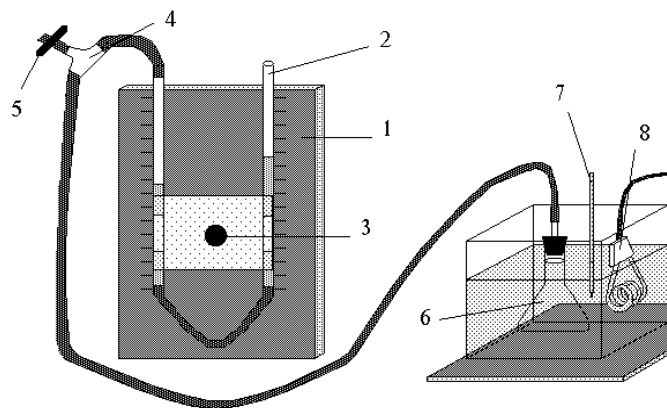


Рис. 1.

Порядок выполнения работы

Сосуд без воды не нагревать!

После того, как установится первоначальный уровень воды в обоих коленах манометра при открытом кране тройника, колбу погружают в сосуд с холодной водой и термометром. Замерив температуру воды t_1 , закрывают кран. Этой температуре соответствует давление P_1 , равное атмосферному. Затем воду в сосуде начинают нагревать до некоторой температуры t_2 . Воздух в колбе тоже нагревается, давление повышается, и в левом колене манометра уровень воды быстро понижается. В это время плавным перемещением правого конца манометра вверх поддерживают первоначальный уровень воды в левом колене. Когда воздух в колбе примет температуру теплой воды t_2 , перемещение жидкости в манометре прекратится. Добившись установления начального уровня жидкости и в левом колене, правое плечо манометра закрепляют, после чего ведут отсчет уровня в правом колене H_1 . При этом первоначальный объем воздуха в колбе и соединительном шланге остается неизменным, а давление в колбе становится равным атмосферному давлению P_1 , увеличенному на величину давления столба воды $H_6 = H_1 - H_0$, где H_1 – высота столба воды в правом колене манометра после нагревания колбы, H_0 – фиксированная высота столба воды в левом колене. Поскольку давление атмосферы обычно измеряется барометром в мм рт.ст., то от высоты водяного столба H_6 переходят к мм рт.ст. делением H_6 на относительную плотность ртути 13,6. Таким образом, давление воздуха в колбе после погружения ее в стакан с теплой водой равно (H измерено в мм):

$$P_2 = P_1 + H, \quad \text{или} \quad P_2 = P_1 + H_6 / 13,6,$$

Расчетная формула

При проведении опыта соблюдаются условия, при которых первоначальный объем газа остается постоянным и можно применять закон Шарля. В соответствии с этим для случая, когда колба погружается в сосуд с холодной водой с температурой t_1 и зафиксировано давление P_1 , можно записать:

$$P_1 = P_0 (1 + \alpha_1 t_1), \quad (4)$$

где P_0 – давление, соответствующее $t = 0^\circ\text{C}$.

Для температуры t_2 (колба погружена в теплую воду) и давление газа в колбе P_2 , можно записать.

$$P_2 = P_0 (1 + \alpha_1 t_2). \quad (5)$$

Разделив почленно (4) на (5), получим:

$$\frac{P_1}{P_1 + H} = \frac{1 + \alpha_1 t_1}{1 + \alpha_1 t_2}$$

Из этого выражения простым преобразованием получаем:

$$\alpha = \alpha_1 = \frac{H}{P_1 t_2 - (P_1 + H) t_1},$$

где $H = H_g / 13,6$, а P_1 – атмосферное давление в мм рт.ст. по барометру. Результаты заносятся в таблицу.

Расчеты α проводятся для каждого эксперимента в отдельности, затем находят среднее измеренное значение и погрешность измерения.

№ n/ n	$t_1,$ $^{\circ}\text{C}$	$t_2,$ $^{\circ}\text{C}$	P_1 мм рт.ст.	$H_0,$ мм	$H_b,$ мм	$H,$ мм	$\alpha,$ 1/ К	Δ α	$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} \cdot 100\%$
1									
...									
5									
Ср									
.									

Контрольные вопросы

1. Поясните, что представляет собой коэффициент объемного расширения газа?
2. Почему для многих газов при нормальных условиях коэффициент объемного расширения практически одинаков?
3. Почему коэффициент объемного расширения газов α практически равен температурному коэффициенту давления?
4. При каких условиях следует ожидать нарушения закономерностей отмеченных в вопросах 2 и 3?
5. Как бы вы провели опыт по непосредственному измерению α ?

Литература

1. Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики. – М.: Высшая школа, 1970.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.2: Молекулярная физика. – М.: Наука, 1977.
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.1. – М.: Наука, 1982.
4. Трафимова Т.И. Курс физики. – М.: Высшая школа, 1990.