

# Экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта (изотермический процесс)

Алексей Зибинский, Данил Раскулов, Ярослав Квашнин

2 семестр

*Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет имени Ж.И. Алфёрова Российской академии наук*

**Группа:** 101.1

**Студенты:** Алексей Зибинский, Данил Раскулов, Ярослав Квашнин

**Преподаватель:** Павлов Александр Валерьевич

**1. Цель работы:** Экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта.

**2. Задачи, решаемые при выполнении работы:**

2.1. Подготовить экспериментальную установку, записать начальные макропараметры газа в колбе.

2.2. Провести эксперимент несколько раз: изменение давления при медленном уменьшении объёма ( $T = const$ ), провести несколько серий опыта при различных температурах.

2.3. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности измерения температуры, давления, объёма; получить произведение давления и объёма при разных температурах.

**3. Объект исследования:** Изотермический процесс.

**4. Метод экспериментального исследования:** Определение произведения давления и температуры идеального газа в изотермическом процессе.

**5. Рабочие формулы и исходные данные.**

5.1. Опытный закон Бойля-Мариотта:

$$PV = const$$

## 6. Измерительные приборы:

№	Наименование	Тип прибора	Используемый диапазон	Погрешность прибора
1	Линейка	Аналоговый	0 – 20.0 см	0.1 см
2	Электронный манометр	Цифровой	0 - 20.0 кПа	0.1 кПа
3	Электронный термометр	Цифровой	20.0 – 45.0 С <sup>0</sup>	0.1 С <sup>0</sup>

## 7. Схема установки (перечень схем, кот. составляют Прил-е 1).

### 1 ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Внешний вид оборудования представлен на рисунке 1

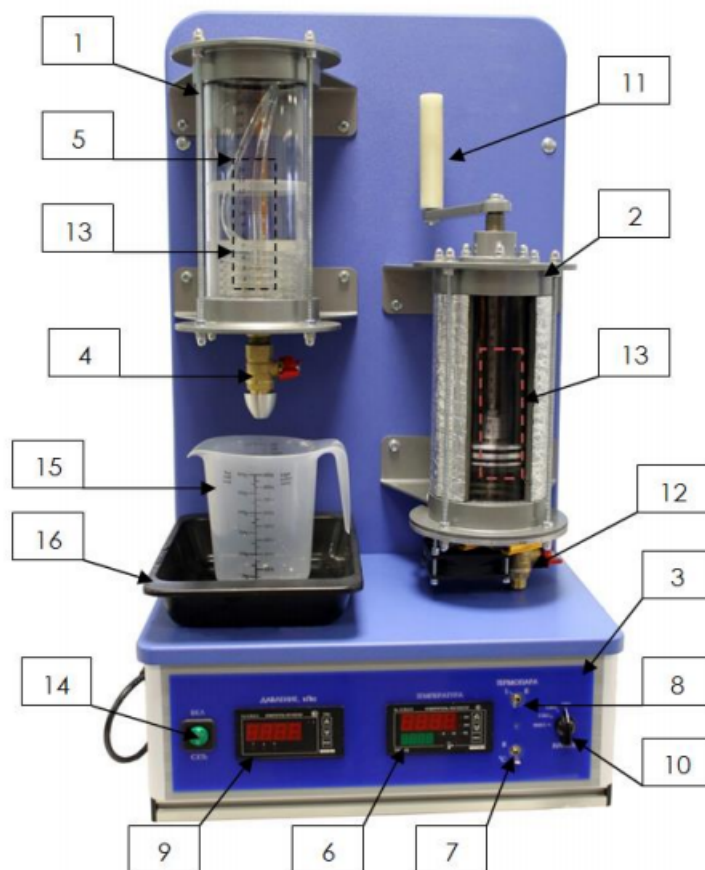


Рисунок 1 – Состав оборудования:

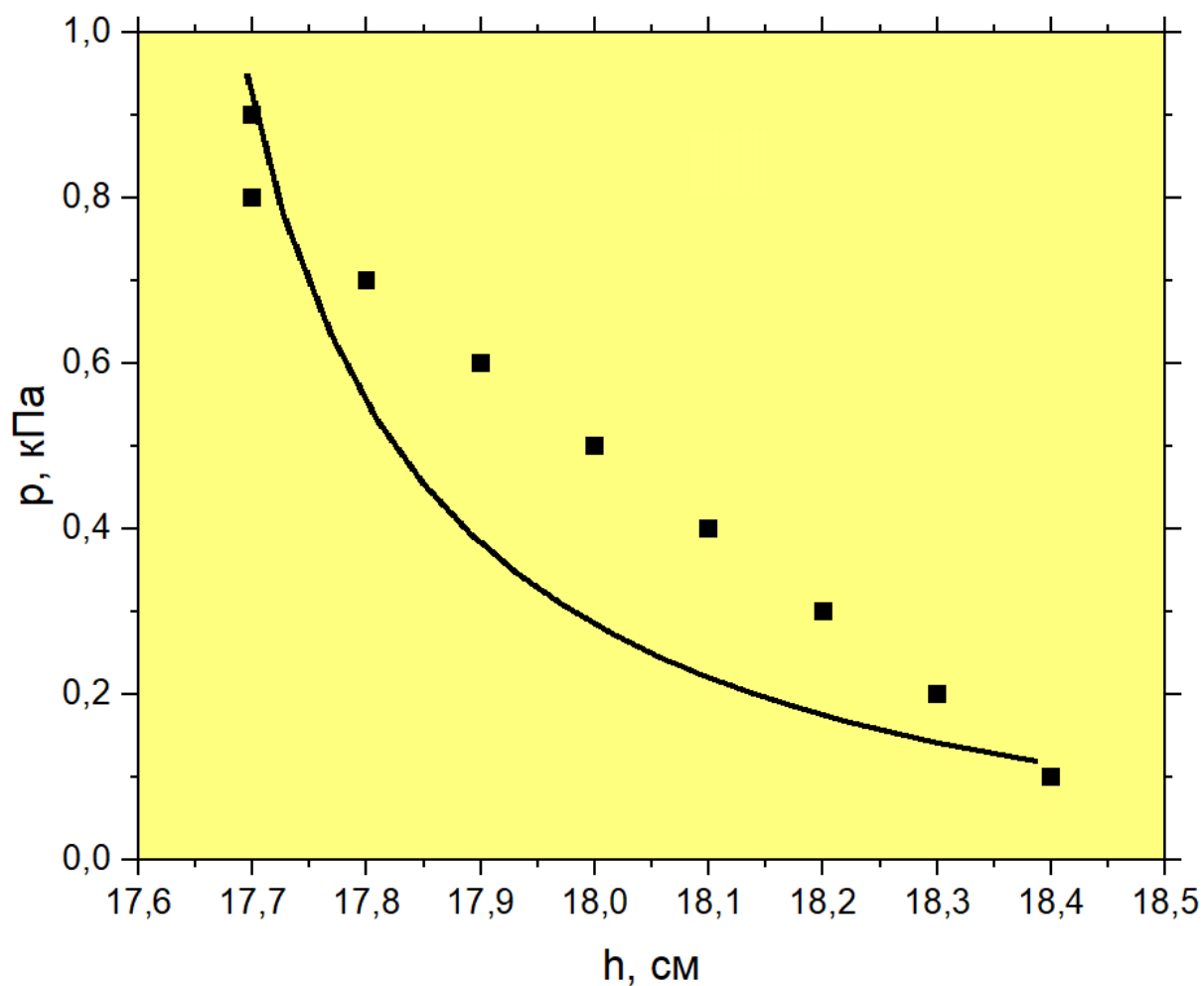
1 – колба 1 (левая); 2 – колба 2 (правая); 3 – основание; 4 – кран 1; 5 – капиллярная трубка; 6 – электронный термометр; 7 – тумблер (К, С<sup>0</sup>); 8 – тумблер (термопара I или II); 9 – электронный манометр; 10 – галетный переключатель; 11 – ручка регулировки хода поршня; 12 – кран 2; 13 – градуированная шкала; 14 – кнопка «ВКЛ»; 15 – мерный стакан (мензурка); 16 – кювета;

## 8. Результаты прямых измерений и их обработки (таблицы, примеры расчетов).

1)  $T = 26.5^{\circ}\text{C}$

$h$ , см	$p$ , кПа
$h_0 = 18.4$	$p_0 = 0.1$
$h_1 = 18.3$	$p_1 = 0.2$
$h_2 = 18.2$	$p_2 = 0.3$
$h_3 = 18.1$	$p_3 = 0.4$
$h_4 = 18.0$	$p_4 = 0.5$
$h_5 = 17.9$	$p_5 = 0.6$
$h_6 = 17.8$	$p_6 = 0.7$
$h_7 = 17.7$	$p_7 = 0.8$
$h_8 = 17.7$	$p_8 = 0.9$

9. Графики (перечень графиков, которые составляют Прил-е 2).



## 10. Выводы и анализ результатов.

Наша команда молодых студентов провела опыт по экспериментальной проверке закона Бойля-Мариотта. В процессе выполнения работы мы измеряли давление и объём сосуда с поршнем, в котором находился воздух при

комнатной температуре  $T = 26.5^\circ\text{C}$ . После каждого измерения мы немного уменьшали объём сосуда, дожидаясь, пока прекратятся флуктуации температуры и она выровняется с комнатной, затем снова снимали показания давления и объёма. Как итог работы была получена поточечная зависимость  $p(h)$ , что есть  $p(V)$ . Получилось снять лишь одну изотерму т.к. далее установка сломалась (при попытке увеличить температуру она не увеличивалась). Перейдём к анализу единственной изотермы.

Как видно из графика, полученные точки не соответствуют ожидаемой зависимости  $p \sim V^{-1}$ . Эксперимент показал:

$$p(V) = -\alpha V + \delta, \quad \alpha = \text{const} > 0, \quad \delta = \text{const} > 0.$$

У нашей команды есть предположение, почему результат оказался таким.

Гипотеза основывается на том, что сосуд с газом не является в достаточной мере герметичным, из-за чего во время опыта могла происходить утечка газа в атмосферу. Покажем, что в этом случае зависимость  $p(V)$  вполне может реализоваться линейной.

### Лемма

$$p = -\alpha V + \delta \tag{*}$$

Найдём в этом случае  $\nu(p)$  – кл-во в-ва. Так как газ полагаем идеальным:

$$pV = \nu RT$$

Подставляя сюда (\*) получим:

$$\begin{aligned} \nu(p) &= -\frac{p^2}{\alpha RT} + \frac{\delta p}{\alpha RT} \\ \frac{\partial \nu}{\partial p} &= -\frac{2p}{\alpha RT} + \frac{\delta}{\alpha RT} \end{aligned} \tag{!}$$

Понятно, что если выполняется (!), то может выполняться и (\*).

**Конец леммы.**

Зная о малой негерметичности сосуда вполне логично предположить, что при повышении давления газ будет истекать по закону (!). А в этом случае может реализовываться линейная зависимость  $p(V)$ . Также в эксперименте присутствует единственная точка, выбивающаяся из концепции прямой. Из закона (!) понятно, что при больших давлениях (т.е. меньших объёмах) газ вытекает всё быстрее и быстрее. Последняя экспериментальная точка подтверждает этот результат.