
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2.2

"Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянных давлении и объеме"

Группа: Z3144

Студент: Турчанин Евгений

1.

Изучение процессов в идеальных газах.

2. Определение показателя адиабаты $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$.

Задачи

1. Измерить значения избыточных давлений в баллоне.

2. Рассчитать отношения теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме.

Введение

Удельной теплоемкостью вещества называется величина c , равная количеству теплоты, которое необходимо сообщить единице массы вещества для изменения ее температуры на один кельвин:

$$c = \frac{\delta Q}{m dT},$$

где δQ – количество теплоты, сообщенное веществу при нагревании на dT , m – масса вещества. Единица измерения удельной теплоемкости в системе СИ – Дж/(кг·К).

Молярной теплоемкостью вещества называется физическая величина C , равная количеству теплоты, которое необходимо сообщить одному молю вещества для изменения его температуры на один кельвин:

$$C = \mu c = \frac{\delta Q}{\nu dT},$$

где μ – молярная масса вещества, $\nu = \frac{m}{\mu}$ – количество вещества. Единица измерения молярной теплоемкости – Дж/(моль·К).

Численное значение теплоемкости газа зависит от условий его нагревания и количества атомов в его молекуле и ее пространственной конфигурации. В соответствии с первым законом термодинамики:

$$\delta Q = dU + \delta A.$$

Увеличение внутренней энергии идеального газа:

$$dU = \frac{i}{2} \nu R dT,$$

где R – универсальная газовая постоянная, i – число степеней свободы молекулы. Для одноатомной молекулы $i = 3$, для двухатомной жесткой молекулы $i = 5$, для нелинейной молекулы $i = 6$.

При расширении газ выполняет работу:

$$\delta A = P dV.$$

Молярная теплоемкость C_V при постоянном объеме:

$$C_V = \frac{1}{\nu} \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V = \frac{i}{2} R.$$

Молярная теплоемкость C_P при постоянном давлении:

$$C_P = C_V + R.$$

Отношение теплоемкостей:

$$\gamma = \frac{C_P}{C_V} = \frac{i+2}{i}.$$

Адиабатный процесс описывается уравнением:

$$PV^\gamma = \text{const.}$$

Метод Клемана-Дезорма:

$$(P_0 + P'')V_{\min}^\gamma = P_0 V_{\max}^\gamma,$$

$$(P_0 + P'')V_{\min} = (P_0 + P')V_{\max}.$$

После преобразований:

$$\gamma = \frac{H}{H - h}.$$

Экспериментальная установка

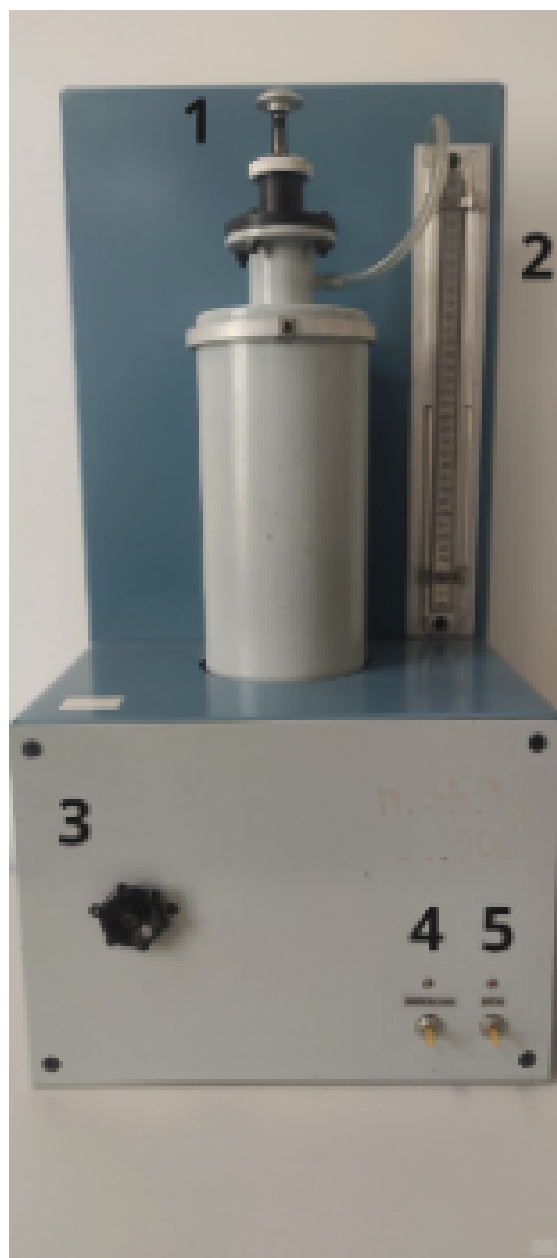


Рис. 1: Процессы изменения состояния газа:
 $1 \rightarrow 2$ – адиабатный, $2 \rightarrow 3$ – изохорный, $3 \rightarrow 1$ – изотермический.

1 Обработка результатов

1.1 Расчёт показателя адиабаты

Показатель адиабаты γ рассчитывается для каждого измерения по формуле:

$$\gamma = \frac{H}{H - h}$$

где H и h — разности уровней жидкости в манометре до и после адиабатического расширения (в метрах). Результаты измерений и расчётов представлены в таблице:

Таблица 1: Результаты измерений и расчётов

№	H , м	h , м	γ
1	0.019	0.002	1.118
2	0.015	0.002	1.154
3	0.025	0.000	1.000
4	0.021	0.001	1.050
5	0.018	-0.001	1.056
6	0.015	0.000	1.000
7	0.019	0.000	1.000
8	0.021	0.001	1.050
9	0.024	-0.001	1.042
10	0.020	0.000	1.000

1.2 Среднее значение и погрешности

Среднее значение показателя адиабаты:

$$\langle \gamma \rangle = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} \gamma_i = 1.047$$

Относительная погрешность рассчитывается по формуле:

$$\frac{\Delta \gamma}{\gamma} = \frac{H}{H - h} \sqrt{\left(\frac{\Delta H}{H}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2}$$

где $\Delta H = \Delta h = 0.005$ м — погрешность измерения уровней. Абсолютная погрешность:

$$\Delta \gamma = \langle \gamma \rangle \cdot \frac{\Delta \gamma}{\gamma} = 1.047 \cdot 0.012 = 0.013$$

1.3 Сравнение с теоретическим значением

Теоретическое значение показателя адиабаты для воздуха ($i = 5$ степеней свободы):

$$\gamma_{\text{теор}} = \frac{i + 2}{i} = \frac{5 + 2}{5} = 1.4$$

1.4 Выводы

В ходе лабораторной работы был проведён эксперимент по определению показателя адиабаты γ для воздуха методом Клемана-Дезорма. Полученные результаты показали, что среднее значение $\langle \gamma \rangle = 1.047$ с погрешностью $\Delta\gamma = 0.013$, что отличается от теоретического $\gamma_{\text{теор}} = 1.4$. Это расхождение может быть вызвано:

- Недостаточный временем ожидания до установления равновесия
- Ошибкой в расчетах γ