

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Физтех-школа физики и исследований им. Ландау

Определение C_p/C_v методом адиабатического расширения

Автор:
Шахматов Андрей Юрьевич
Б02-304

Долгопрудный 2024

Аннотация

Исследовано изменение давления в сосуде с газом после адиабатического расширения. На основе полученных данных определено отношение $\frac{C_p}{C_v}$ для углекислого газа.

Содержание

1 Введение	1
2 Методика	1
3 Результаты и их обсуждение	2
4 Выводы	4
5 Использованная литература	4
6 Приложения	5
6.1 Параметры экспериментальной установки	5
6.2 Данные результатов измерений	5

1 Введение

Цель настоящей работы заключалась в определении отношения $\frac{C_p}{C_v}$ для углекислого газа.

2 Методика

Для определения отношения теплоёмкостей $\frac{C_p}{C_v}$ рассмотрим следующий процесс над газом. Сначала адиабатическое расширение газа от давления p_1 до атмосферного p_0 , а затем изохорное охлаждение газа до комнатной температуры. Для описания адиабатического расширения применим следующее уравнение:

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma} \quad (1)$$

После для описания изохорного охлаждения применим закон Гей-Люссака и найдём выражение для показателя адиабаты:

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{P_1}{P_0}\right)}{\ln\left(\frac{P_1}{P_3}\right)} \quad (2)$$

Теперь перейдём к описанию используемой установки (Рис. 1). Используемая для опытов экспериментальная установка состоит из стеклянного сосуда А (объёмом около 20 л), снабженного краном К, и U-образного жидкостного манометра, измеряющего избыточное давление газа в сосуде. Схема установки показана на Рис. 1.

Избыточное давление создаётся с помощью резиновой груши, соединённой с сосудом трубкой с краном 1_1 .

В начале опыта в стеклянном сосуде А находится исследуемый газ при комнатной температуре T_1 и давлении P_1 , несколько превышающем атмосферное давление P_0 . После открытия крана К, соединяющего сосуд А с атмосферой, давление и температура газа будут понижаться. Это уменьшение температуры приближённо можно считать адиабатическим.

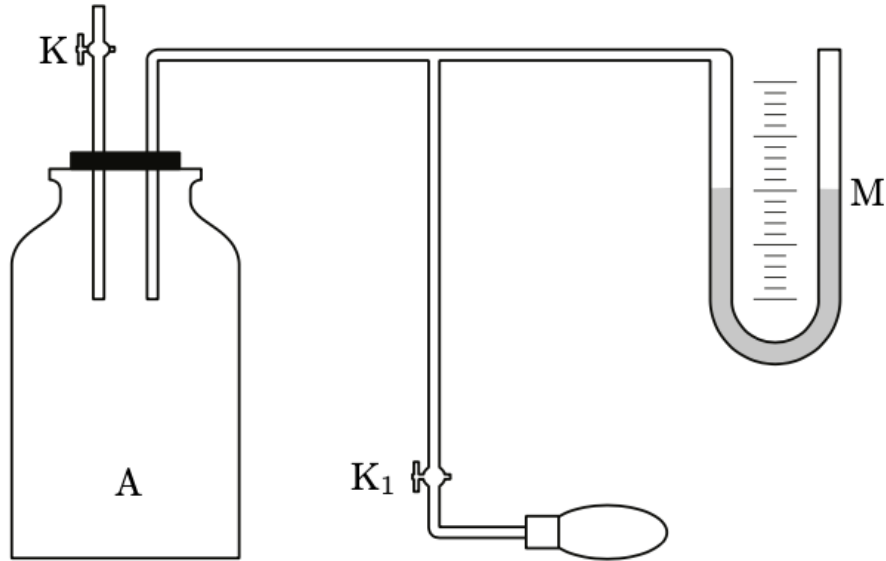


Рис. 1: Установка для определения C_p/C_v методом адиабатического расширения газа

Тогда с учётом специфики установки возможно упростить выражение 2 с учётом $P = P_0 + \rho gh$ и $\rho gh \ll P_0$:

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} \approx \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (3)$$

3 Результаты и их обсуждение

Для того, что бы определить время установления температур газа, было проведено измерение изменения уровня давления газа от времени (Таблица 1). По полученным данным построен график 2. Согласно графику можно определить время релаксации системы равным примерно 40 с. Потому при дальнейших измерениях значения давлений в системе будут измеряться спустя 40 с после проведения эксперимента.

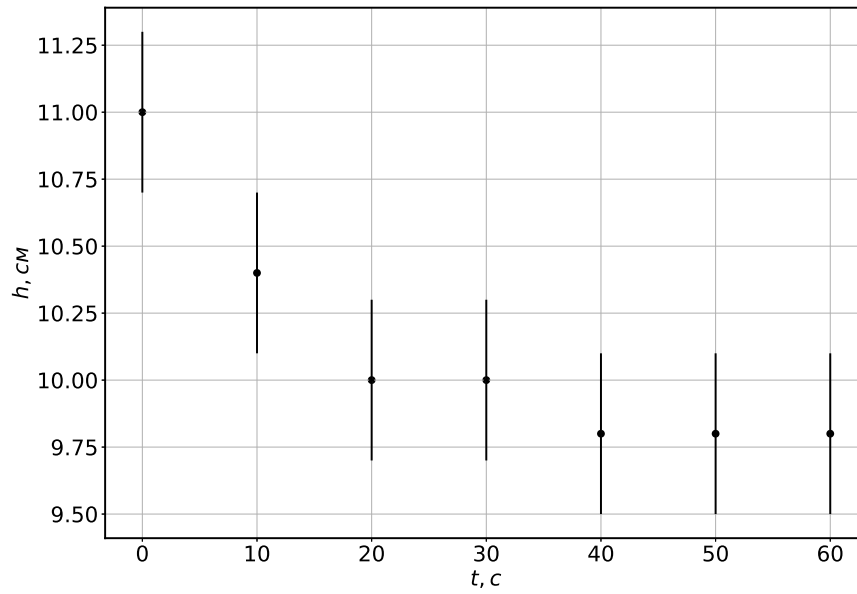


Рис. 2: Зависимость давления в сосуде h от времени t с момента проведения эксперимента

Измерена зависимость давления в сосуде (высоты жидкости манометра) h_2 после проведения эксперимента описанного ранее от начального давления в сосуде h_1 (Таблицы 2 и 3). Измерения проводились при временах открывания вентиля сосуда 1.5 с и 5 с. После согласно выражению 3 для каждого времени открытия клапана был получен показатель адиабаты γ . Полученные значения нанесены на график 3.

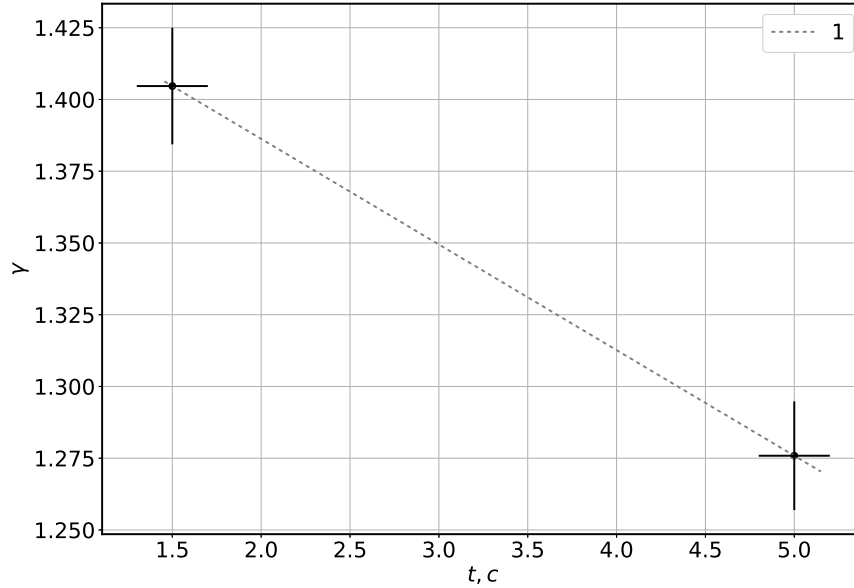


Рис. 3: Зависимость показателя адиабаты γ от времени открытия клапана t .

Так как при увеличении времени открытия клапана мы получаем более заниженные результаты, для получения правильного значения следует аппроксимировать кривую до значения времени открытия клапана приблизительно 0.2 с. Таким образом истинное значение показателя адиабаты равно $\gamma = 1.45 \pm 0.05$. Теоретическая оценка показателя адиабаты двухатомного газа даёт значение $\gamma_T = 1.4$. Потому полученное в опыте значение можно считать корректным.

4 Выводы

Проведен эксперимент по определению показателя адиабаты у углекислого газа методом адиабатического расширения. Полученное значение показателя адиабаты составило $\gamma = 1.45 \pm 0.05$. При этом теоретическая оценка показала $\gamma_T = 1.4$. Однако несмотря на совпадение результатов, был сделан вывод о несостоятельности данного метода измерения, так как погрешность полученного значения составила 3%, тогда как показатели теплоёмкости двухатомного и трёхатомного газа отличаются всего на 4%. Потому представленный метод не может обеспечить нужную точность для измерения.

5 Используемая литература

Список литературы

- [1] Лабораторный практикум по общей физике, Том 2, под редакцией А. Д. Гладуна

6 Приложения

6.1 Параметры экспериментальной установки

6.2 Данные результатов измерений

t, с	h, см
0	9.5
10	9.8
20	10.0
30	10.0
40	10.1
50	10.1
60	10.1

Таблица 1: Данные результатов измерения установления высоты столба воды в сосуде h от времени t .

h_1 , см	h_2 , см
9.7	13.7
9.8	13.7
9.8	13.3
9.9	13.4
10.0	13.5
9.8	13.5
9.9	13.5

Таблица 2: Данные результатов измерения высот h_1 и h_2 столба жидкости при открывании крана приблизительно на 1.5 с

h_1 , см	h_2 , см
9.7	13.9
9.9	13.9
9.8	13.8
9.9	13.9
9.8	13.9

Таблица 3: Данные результатов измерения высот h_1 и h_2 столба жидкости при открывании крана приблизительно на 5с