

МОСКОВСКИЙ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Факультет общей и прикладной физики

**Определение C_p/C_V методом адиабатического
расширения гааз**

Автор:
Студент гр. Б02-304
Головинов. Г.А.



Долгопрудный, 2024

Аннотация

Цель работы: определение отношения C_p/C_V для воздуха или углекислого газа по измерению давления в стеклянном сосуде. Измерения производятся сначала для адиабатического расширения газа, а затем после нагревания сосуда и газа до комнатной температуры.

В работе используются: стеклянный сосуд; U-образный жидкостный манометр; резиновая груша; газгольдер с углекислым газом.

1 Основные теоретические сведения

Экспериментальная установка

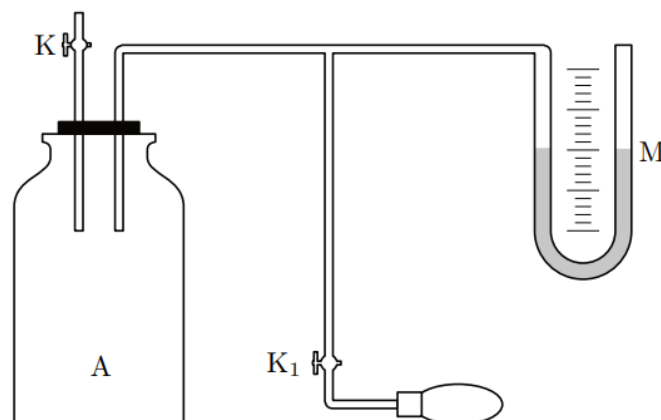


Рис. 1: Установка для определения отношения C_p/C_V

На рисунке сосуд А (объем ≈ 20 л.), кран К, U-образный жидкостный манометр М. Кран К₁ и резиновая груша позволяют создавать избыточное давление воздуха. Углекислый газ подается из газгольдера.

В начале опыта газ в сосуде А находится при комнатной температуре T_1 , давлении P_1 , несколько превышающем атмосферное давление P_0 . После открытия крана К давление и температура газа будут понижаться.

Этот процесс приближенно можно считать адиабатическим. Приближение основано на том, что равновесие в газах по давлению наступает намного быстрее, чем равновесие по температуре. Соответственно будем считать Δt_P – время установления равновесия по давлению сильно меньше, чем Δt_T – время установления равновесия по температуре.

Необходимо также учесть тот факт, что на это предположение влияет размер клапана, если он слишком мал, то предположение неверно. Поэтому если $\Delta t_P \ll \Delta t_T$, то любой процесс за время Δt между интервалами установления можно считать приближенно адиабатическим.

Уравнение адиабаты

Первое начало термодинамики:

$$\delta Q + \delta A^{\text{над газом}} = dU \quad (1)$$

При адиабатическом процессе $\delta Q = 0$, Тогда

$$\delta Q = dU + \delta A = 0 \quad (2)$$

где δA – работа газа. В свою очередь изменение внутренней энергии и работа идеального газа выражаются

$$dU = C_V dT \quad (3)$$

$$\delta A = p dV \quad (4)$$

Далее нам потребуется уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$pV = \nu RT \quad (5)$$

Для удобства будущих расчетов будем использовать $\nu = 1$, подставим уравнение Менделеева-Клапейрона и (3), (4) в уравнение (2) и получим

$$C_V \frac{dT}{T} + R \frac{dV}{V} = 0 \quad (6)$$

при постоянной C_V уравнение (6) можно проинтегрировать:

$$C_V \ln T + R \ln V = \text{const} \quad (7)$$

$$TV^{R/C_V} = \text{const} \quad (8)$$

Используя еще раз соотношение (5), а также уравнение Майера:

$$C_p - C_V = R \quad (9)$$

получим

$$pV^\gamma = \text{const} \quad (10)$$

где $\gamma = C_p/C_V$ – называется *показателем* адиабаты.

Нам в работе удобно перейти к переменным p и T :

$$\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^\gamma \quad (11)$$

Здесь мы обозначаем индексом «1» состояние до открытия крана, а «2» – состояние после открытия крана и установления равновесия давлений.

После адиабатического (с учетом приближения) расширения газа $P_2 = P_0$ – атмосферное давление.