

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

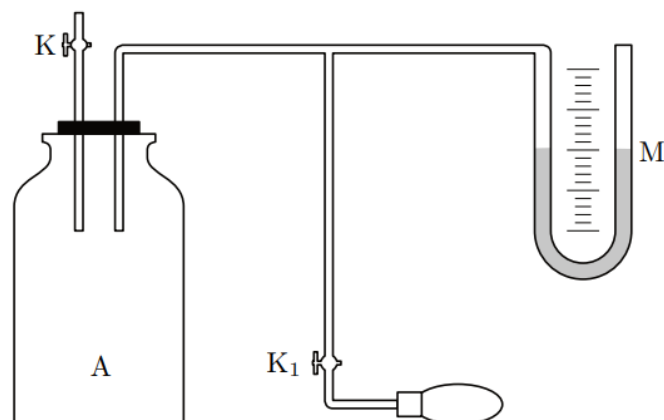


Рис. 1: Установка для определения отношения  $C_p/C_V$

На рисунке сосуд А (объем  $\approx 20$  л.), кран К, U-образный жидкостный манометр М. Кран  $K_1$  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  $\Delta t_P$  – время установления равновесия по давлению сильно меньше, чем  $\Delta t_T$  – 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  $\Delta t$  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  $\delta A$  – 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. Температура  $T_2$  будет ниже комнатной, так как работа осуществляется за счет внутренней энергии газа. Когда мы закроем кран, газ начнет медленно (относительно изменения давления при расширении) нагреваться изохорически до комнатной температуры.

При изохорическом нагревании выполняется соотношение

$$\frac{P_2}{T_2} \quad (12)$$