

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физический факультет

Лабораторная работа №1-6

Определение отношения теплоемкости воздуха при постоянном
давлении к теплоёмкости воздуха при постоянном объёме

Руководитель:
канд. физ.-мат. наук
И. А. Конов
Работу выполнили:
Н. Н. Левин
М. Ю. Высоцкий
гр. 052101

Томск, 2022

1 Теоретическое введение

Цель работы: изучение метода Клемана и Дезорма; применение данного метода для определения отношения $\frac{C_P}{C_V}$ воздуха.

1.1 Внутренняя энергия

Внутренняя энергия тела - это функция макроскопического состояния тела, зависящая от всех его макроскопических параметров. Она связана со всевозможными движениями частиц системы и их взаимодействиями между собой.

В отсутствие электромагнитных полей состояние равновесия газов можно характеризовать всего лишь двумя параметрами - температурой T и объемом V . Зависимость от T обусловлена хаотическим движением частиц тела, то есть наличием у них кинетической энергии. Зависимость от V связана с взаимодействием частиц друг с другом. При изменении объема меняется и расстояние между частицами, что является причиной изменения энергии их взаимодействия.

Число степеней свободы - число минимальных и независимых переменных, которыми определяется состояние системы. При динамическом рассмотрении движения одиночной материальной точки мы получим **три степени свободы**.

В условиях статистического равновесия на каждую степень свободы приходится одинаковая средняя энергия. Если идеальный газ состоит из N частиц, то его средняя внутренняя энергия будет равна:

$$U = \frac{3}{2}NkT \quad (1)$$

Модель идеального газа применима к некоторым двухатомным газам: H_2, N_2, O_2 . В их случае мы имеем 3 *поступательные* степени свободы и 2 *вращательные*. Если температура газа меньше температуры, при которой появляются колебательные степени свободы, то внутреннюю энергию можно считать равной:

$$U = \frac{5}{2}NkT \quad (2)$$

1.2 Первое начало термодинамики

Первое начало термодинамики формулируется так: "В тепловых процессах любое изменение внутренней энергии состоит из переданного системе количества тепла и совершенной работы". Его можно записать в таком виде:

$$dU = \delta Q + \delta A, \quad (3)$$

где dU - бесконечно малое изменение внутренней энергии,
 δQ - элементарное количество теплоты, переданное системе,
 $\delta A'$ - элементарная работа, совершённая **системой**.
 По определению, элементарная работа равна:

$$\delta A = (\vec{F}, d\vec{r})$$

В случае рассмотрения системы в виде поршня, её можно записать как:

$$\delta A = PSdx = PdV$$

Таким образом, выражение (3) можно записать в виде:

$$\delta Q = dU + PdV \quad (4)$$

Чтобы найти работу для конечного процесса, вычисляется интеграл:

$$A = \int PdV$$

Разница в обозначениях dU и $\delta Q, \delta A$ объясняется тем, что внутренняя энергия является **функцией состояния**, а количество теплоты и работа являются **функциями процесса**. Функция состояния зависит только от *конечных состояний системы*, а функции процесса зависят от *способа проведения* этого процесса.

1.3 Теплоёмкость

При сообщении элементарного количества теплоты δQ системе, её температура изменяется на dT . Величину

$$C = \frac{\delta Q}{dT}$$

называют теплоёмкостью.

Теплоёмкость - величина, которая показывает, какое количество теплоты нужно передать системе, чтобы повысить её температуру на один градус.

Рассмотрим значение теплоёмкости при $V = const$:

$$\delta Q_V = dU + PdV_V = dU$$

Откуда получаем:

$$C_V = \frac{dU}{dT} \quad (5)$$

Найдём соотношение между C_V и C_P . Дифференцируем уравнение состояния идеального газа для одного моля, учитывая, что $P = const$:

$$PdV = RdT$$

$$(\delta Q)_P = (dU = R dT)_P$$

Следовательно,

$$C_P = \frac{(\delta Q)_P}{dT} = \frac{dU}{dT} + R,$$

откуда

$$C_P = C_V + R \quad (6)$$

Данное соотношение называется **уравнением Майера**.

Значения данных теплоёмкостей будут равны:

$$C_V = \frac{i}{2}R; C_P = \frac{i+2}{2}R, \quad (7)$$

где i - количество степеней свободы.

1.4 Адиабатический процесс. Уравнение Пуассона