

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2.2

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОШЕННЯ ПИТОМИХ ТЕПЛОЕМНОСТЕЙ ГАЗІВ МЕТОДОМ АДІАБАТИЧНОГО РОЗШИРЕННЯ

1 КОМПЛЕКТАЦІЯ УСТАНОВКИ

- 1 Балон, який закривається герметично клапаном.
- 2 Манометр.
- 3 Насос.

2 МЕТА РОБОТИ

- 3.1 Засвоєння основних закономірностей молекулярної фізики й основ термодинаміки.
- 3.2 Експериментальне визначення відносини теплоємності при постійному тиску до теплоємності при постійному обсязі для повітря методом Клемана-Дезорма.

3 ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Лабораторна установка складається з балона 1, манометра 2, клапана 3 і насоса 4 (див. рис.1).

Метод Клемана-Дезорма дозволяє за допомогою пристрою, зображеного на рис.1, визначити показник адіабати (коефіцієнт Пуассона) $\gamma = C_p / C_v$. Якщо в судину 1 за допомогою насоса 4 накачати при закритому клапані 3 повітря, то через якийсь час температура повітря в судині стане рівною кімнатній: $T_1 = T_0$, тиск p_1 стане більшим за атмосферний p_0

$$p_1 = p_0 + \rho g h_1, T_1 = T_0, \quad (1)$$

ρ - густина рідини манометра; h_1 - перепад рівнів рідини в манометрі (див.рис.1). Якщо потім відкрити клапан 3 і закрити його знову в той момент, коли тиск у судині стане рівним атмосферному (зробити це треба досить швидко), то відбудеться адіаба-

тне розширення газу в судині. У цьому випадку тиск газу буде дорівнювати атмосферному, тобто $p_2 = p_0$, а температура T_2 внаслідок адіабатного розширення стане нижчою за кімнатну (стан 2 на рис.2):

$$p_2 = p_0, \quad T_2 < T_0.$$

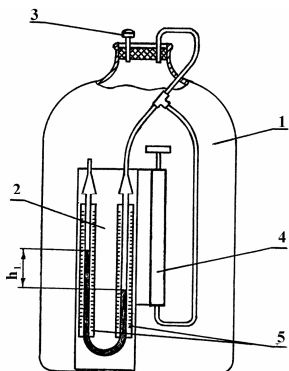


Рис. 1 - Схема експериментальної установки:
1 - балон; 2 - манометр;
3 - клапан; 4 - насос;
5 - шкали манометра

З часом температура повітря, яке залишилося у закритій судині буде підвищуватися і досягне кімнатної. Тиск підвищиться до значення p_3 , об'єм залишиться незмінним, тому що судина закрита (стан 3 на рис.2):

$$p_3 = p_0 + \rho gh, \quad T_3 = T_0. \quad (2)$$

Перехід газу зі стану 1 у стан 2 є адіабатичним і підкоряється рівнянню Пуассона, яке у цьому випадку зручно записати у вигляді

$$\frac{p_1^{\gamma-1}}{T_1^\gamma} = \frac{p_2^{\gamma-1}}{T_2^\gamma} \quad \text{або} \quad \frac{p_1^{\gamma-1}}{T_0^\gamma} = \frac{p_0^{\gamma-1}}{T_2^\gamma}. \quad (3)$$

Перехід газу зі стану 2 у стан 3 є ізохоричним:

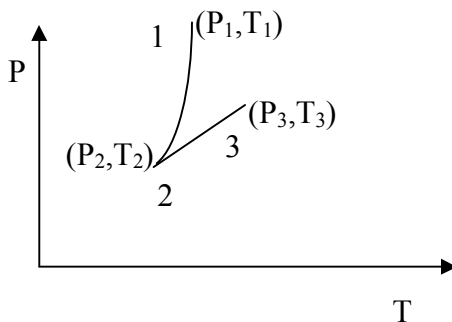


Рис. 2
Графічне зображення процесів, які відбуваються в експериментальній установці.

$$\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2} \quad \text{або ж} \quad \frac{p_3}{T_0} = \frac{p_0}{T_2}. \quad (4)$$

Тоді:

$$\left[\frac{p_1}{p_0} \right]^{\gamma-1} = \left[\frac{p_3}{p_0} \right]^{\gamma}. \quad (5)$$

Підставляючи (2) і (3) у рівняння (5), одержимо

$$\left[1 + \frac{\rho g h_1}{p_0} \right]^{\gamma-1} = \left[1 + \frac{\rho g h_3}{p_0} \right]^{\gamma}.$$

Враховуючи формули наближених обчислень одержимо робочу формулу

$$\gamma = \frac{h_1}{(h_1 - h_3)}. \quad (6)$$

Таким чином, вимірюючи h_1 , h_3 і використовуючи (6), можна

визначити відношення теплоємностей $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$.

4 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Відкрийте клапан і визначите початкове значення рівня рідини в одному з колін манометра. Відлік ведіть по нижній частині меніска рідини. При вимірі тиску визначить рівень рідини в цьому ж коліні щодо початкового рівня й отримане значення помножте на 2.

2 При закритому клапані накачайте в балон повітря з таким розрахунком, щоб різниця рівнів у колінах манометра була приблизно 120 мм.

3 Через одну-дві хвилини після припинення накачування, коли рівні рідини в манометрі перестануть переміщуватися, визначите різницю рівнів h_1 . Результат занесіть у таблицю 1.

4 Натисніть на клапан 3 (при цьому він відкриється). Через 2-3 секунди після натискання (рівні рідини в колінах манометра зрівняються) відпустіть клапан і в такий спосіб закрийте судину 1.

ТАБЛИЦЯ 1

Номер досліду	h_1 , мм	h_3 , мм	γ_i	$\Delta\gamma_i$	$\gamma \pm \langle \Delta\gamma \rangle$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
середнє	X	X			

5 Через кілька хвилин, коли рівні рідини в манометрі перестануть змінюватися, визначите різницю рівнів h_3 . Результат занесіть у таблицю 1.

6 Повторіть дослід 6 разів. З них 2 досліди - з початковою різницею рівнів рідини в межах 60-120 мм, а 4 досліди - з початковою різницею рівнів у межах 20-60 мм.

7 По розрахунковій формулі (1.18) визначите значення γ для кожного досвіду і занесіть їх у таблицю 1.

8 Визначите приладову похибку $\Delta\gamma_1$ непрямого виміру.

9 Визначить $\Delta\gamma$ усіх вимірів як середньоквадратичне усіх вимірів $\Delta\gamma_i$.

$$\Delta\gamma = 3 \sqrt{\frac{1}{6(6-1)} [(\Delta\gamma_1)^2 + (\Delta\gamma_2)^2 + (\Delta\gamma_3)^2 + (\Delta\gamma_4)^2 + (\Delta\gamma_5)^2 + (\Delta\gamma_6)^2]}$$

$$\Delta\gamma =$$

Заносимо у таблицю 1.

Записуємо кінцевий результат у вигляді

$$\gamma = \langle \gamma \rangle \pm \Delta\gamma$$

$$\gamma =$$

Порівнюємо отриманий результат з теоретичним значенням $\gamma = 1.4$ для повітря.

5 ВИСНОВКИ

6 КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1 Яка молекулярно-кінетична модель газу називається ідеальним газом? Рівняння стану ідеального газу.

2 Напишіть рівняння Менделєєва-Клапейрона і поясніть величини, які в нього входять.

- 3 Дайте визначення ізотермічного та ізохоричного процесів. Запишіть рівняння, що зв'язують параметри стану для цих процесів. Зобразите на (p, V) - діаграмі ці процеси.
- 4 Дайте визначення ізобаричного та адіабатного процесів. Запишіть рівняння, що зв'язують параметри стану для цих процесів. Зобразите на (p, V) - діаграмі ці процеси.
- 5 Запишіть відомі Вам вирази для внутрішньої енергії ідеального газу. Визначите внутрішню енергію 1 м^3 і 1 моля ідеального газу за нормальних умов.
- 6 Чому дорівнює число ступенів вільності одно-, дво-, трьох- і багатоатомних газів? Визначте показники адіабати цих газів.
- 7 Сформулюйте і запишіть перший закон термодинаміки в диференціальній та інтегральній формі.
- 8 Виведіть формули для збільшення внутрішньої енергії, роботи, виконаної газом і кількості теплоти, отриманої газом при ізотермічному, ізобаричному і ізохорному процесах.
- 9 Дати визначення теплоємності ідеального газу. Одержати вирази для питомої і молярної теплоємності ідеального газу при постійному об'ємі і тиску.
- 10 Дати визначення теплоємності ідеального газу. Одержати вирази для питомої і молярної теплоємності ідеального газу при постійному об'ємі і температурі. Чому дорівнює молярна теплоємність ідеального газу при адіабатному процесі.
- 11 Вивести рівняння Маєйра.
- 12 Виведіть розрахункову формулу для визначення показника адіабати γ .
- 13 Зобразите на (p, T) - діаграмі газові процеси, що відбуваються в балоні при виконанні роботи. Поясніть ці процеси. Який вигляд будуть мати графіки цих процесів на (p, V) (V, T) діаграмах?

Дата виконання лабораторної роботи: _____

Відмітка про виконання лабораторної роботи: _____

Відмітка про захист лабораторної роботи: _____