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 насосу 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

$$\boldsymbol{p_1 = p_0 + \rho g h_1 \ , \ T_1 = T_0}, \qquad (1)$$

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):

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

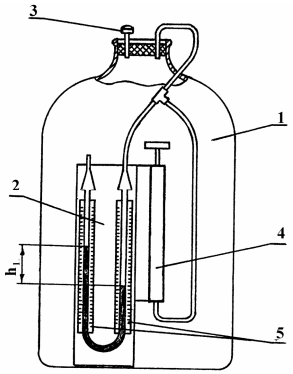

Рис. 1 - Схема експериментальної установки:
1 - балон; 2 - манометр;
3 - клапан; 4 - насос;
5 - шкали манометра

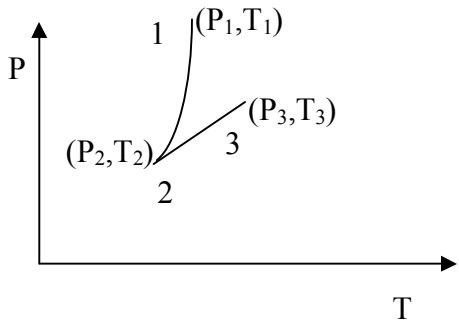

Рис. 2
Графічне зображення процесів, які відбуваються в експериментальній установці.

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):

$$p_3 = p_0 + \rho g h, \quad T_3 = T_0. \qquad (2)$$

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

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

Перехід газу зі стану 2 у стан 3 є ізохоричним:

$$\frac{p_3}{T_3} = \frac{p_2}{T_2} \qquad \text{або ж} \qquad \frac{p_3}{T_0} = \frac{p_0}{T_2}. \tag{4}$$

Тоді:

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

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

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

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 $\Delta\gamma_i$.

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

$\Delta\gamma$ =

Заносимо у таблицю 1.
Записуємо кінцевий результат у вигляді

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

γ =

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 Менделеева-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-, двох-, трьох- і багатоатомних газів? Визначите 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:_____