

Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра „Фізика”

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 29

**ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОШЕННЯ МОЛЯРНИХ
ТЕПЛОЄМНОСТЕЙ ПОВІТРЯ МЕТОДОМ
АДІАБАТИЧНОГО РОЗШИРЕННЯ****Роботу виконав:** студент(ка)_____
(прізвище, ім'я, по-батькові)_____
(курс)_____
(група)

„_____” _____ 20__ р.

Роботу прийняв:_____
(прізвище та ініціали викладача)_____
(посада)**Оцінка:**за знання теорії _____
(оцінка, бал)за провед. експер. _____
(оцінка, бал)підсумкова _____
(оцінка, бал)_____
(дата і підпис викладача)

Лабораторна робота № 29

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОШЕННЯ МОЛЯРНИХ ТЕПЛОЄМНОСТЕЙ ПОВІТРЯ МЕТОДОМ АДІАБАТИЧНОГО РОЗШИРЕННЯ

Мета роботи: ознайомлення з ізопроцесами в газах і визначення відношення C_p/C_v для повітря.

Прилади і матеріали: лабораторна установка для визначення показника адиабати.

Теоретичні відомості

Процес, який здійснюється без теплообміну з зовнішнім середовищем, називається адиабатним. Залежність тиску газу p від об'єму V описується при цьому рівнянням Пуасона

$$pV^\gamma = \text{const},$$

де $\gamma = C_p/C_v$ – показник адиабати, C_p і C_v – молярні теплоємності газу відповідно при сталому тиску і сталому об'ємі.

Відношення теплоємностей газу $\gamma = C_p/C_v$ можна визначити за методом Клемана і Дезорма. Це здійснюється на лабораторній установці, зображеної на рис. 1. Вона складається з балона з повітрям A , манометра M для вимірювання різниці тисків всередині і поза балоном, гумової груші B , призначеної для створення в балоні надлишкового тиску.

При відкритому крані K_1 і закритому крані K_2 у балон накачується повітря. Тиск повітря становитиме рівним $p_1 = H + h_1$, де

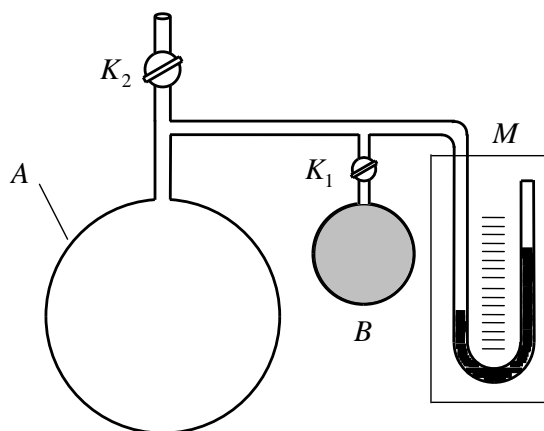


Рис. 1

h_1 – різниця рівнів рідини в колінах U – подібної трубки манометра, мм; H – атмосферний тиск, мм.

При швидком підвищенні тиску температура повітря в балоні підвищується, тому показ манометра слід знімати через 2 – 3 хвилини. За цей час завдяки теплообмінові температура повітря в балоні зрівняється з кімнатною (про це можна судити по припиненню зміни показів манометра). Стан одиниці маси газу характеризуватиметься при цьому параметрами:

$$p_1 = H + h_1, V_1, T_1, \quad (\text{стан I})$$

Якщо відкрити кран K_2 , повітря в балоні розшириться і тиск стане рівним атмосферному тиску H . Процес розширення газу відбувається швидко, протягом часток секунди, і його можна вважати адіабатним, тобто таким, що відбувається без теплообміну з навколишнім середовищем. Теплопередача через стінки балона – повільний процес і за такий короткий час не встигає відбутися. При адіабатному розширенні температура повітря у балоні знижується до T_2 ($T_2 < T_1$), а об'єм одиниці маси збільшується до V_2 ($V_2 > V_1$). Таким чином, безпосередньо після розширення параметрами повітря в балоні будуть:

$$p_2 = H, V_2, T_2. \quad (\text{стан II})$$

Кран K_2 слід негайно закрити. Через 2 – 3 хвилини повітря в балоні нагріється до кімнатної температури T_1 , а його тиск зросте до величини $p_3 = H + h_2$, де h_2 – нова різниця рівнів у колінах манометра. Об'єм одиниці маси не зміниться, тобто дорівнюватиме V_2 . У результаті одержимо параметри:

$$p_3 = H + h_2, V_2, T_1. \quad (\text{стан III})$$

Перехід зі стану I у стан II описується рівнянням Пуасона $p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma$, тобто:

$$(H + h_1) V_1^\gamma = H V_2^\gamma,$$

звідки

$$\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = \frac{H}{H + h_1}. \quad (1)$$

Оскільки в станах I і III температура газу однакова, можна використати закон Бойля–Маріотта і записати

$$(H + h_1) V_1 = (H + h_2) V_2,$$

звідки

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{H + h_2}{H + h_1}. \quad (2)$$

Піднесемо рівняння (2) до степені γ та приравняємо до рівняння (1):

$$\frac{H}{H + h_1} = \left(\frac{H + h_2}{H + h_1} \right)^\gamma. \quad (3)$$

Поділивши чисельники і знаменники дробів на H і злогарифмувавши вираз, одержимо

$$\gamma = \frac{\ln \left(1 + \frac{h_1}{H} \right)}{\ln \left(1 + \frac{h_1}{H} \right) - \ln \left(1 + \frac{h_2}{H} \right)}. \quad (4)$$

Оскільки $h_1 \ll H$, $h_2 \ll H$, то їхні відношення під знаками логарифмів малі порівняно з одиницею. Тоді можна скористатися наближеною рівністю $\ln(1+x) \approx x$ (при $x \ll 1$), після чього одержимо просту формулу для обчислення показника адиабати γ за вимірними надлишковими тисками h_1 і h_2 :

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}. \quad (5)$$

Послідовність виконання роботи

1. Накреслити таблицю вимірюваних величин за зразком, наведеним у табл. 29.1.
2. При закритому крані K_2 і відкритому крані K_1 за допомогою насоса накачати повітря в балон, поки різниця рівнів у манометрі не досягне 30-40 мм, і закрити крані K_1 . Через 2-3 хвилини за манометром визначити h_1 і занести до таблиці.
3. Відкрити крані K_2 на 1 – 1,5 секунди, поки тиск повітря у балоні не зрівняється з зовнішнім тиском, і потім закрити його. Через 2-3 хвилини за манометром визначити h_2 і занести до таблиці.
4. Провести цій дослід 5 разів.
5. За формулою (5) визначити γ для кожного з дослідів і обчислити його середнє значення $\langle \gamma \rangle$.
6. Обчислити відносну та абсолютну похібки визначення $\langle \gamma \rangle$.
7. Проаналізувати результати і зробити висновки.
8. Підготувати відповіді на контрольні питання.

Контрольні питання

1. Якими термодінамичними параметрами характеризується стан даної маси газу? Запишіть рівняння стану ідеального газу.
2. Які ізопроцеси в газах вам відомі?
3. Який процес називається адіабатним? Запишіть рівняння Пуасона.
4. Зобразьте на Vp – діаграмі графіки ізотермічного й адіабатного процесів.
5. Визначте молярні теплоємності газу C_p і C_v – відповідно при сталому тиску і сталому об'ємі.
6. Сформулюйте рівняння Майєра, яке зв'язує теплоємності газу C_p і C_v .

7. Чому дорівнює теоретичне значення відношення $\gamma = C_p / C_v$?
8. Знайдіть чисельні значення γ для гелію та вуглекислого газу.
9. У чьому полягає метод експериментального визначення γ , використаний в даній роботі?
10. Виведіть робочу формулу для визначення γ , яку ви застосували в даній роботі.

Звіт за виконану роботу

1. Робоча формула

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} - \text{показник адіабати газу.}$$

1.1. Величини, що вимірюються:

$$h_1, h_2 - \text{різниці рівнів рідини у манометрі, } [h_1] = [h_2] = \text{мм,} \\ \Delta h = 1 \text{ мм;}$$

1.2. Величини, що обчислюються:

$$\gamma - \text{показник адіабати повітря. } [\gamma] = 1.$$

2. Результати експерименту:

Таблиця 29.1

Номер досліда	h_1 , мм	h_2 , мм	γ	$\langle \gamma \rangle$	$\Delta \langle \gamma \rangle$	ε_0 , %
1						
2						
3						
4						
5						

Результати експерименту підтверджую

(дата і підпис викладача)

3. Обробка результатів експерименту:

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} = \quad ;$$

$$\langle \gamma \rangle = \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + \gamma_4 + \gamma_5}{5}.$$

Визначення відносної та абсолютної похибок:

$$\varepsilon = \frac{\Delta \gamma}{\langle \gamma \rangle} = \frac{\Delta h}{h_1} + \frac{2\Delta h}{h_1 - h_2} = \quad ;$$

$$\Delta \gamma = \varepsilon \cdot \langle \gamma \rangle = \quad ;$$

$$\varepsilon_0 = \varepsilon \cdot 100\% = \quad .$$

4. Висновки:
