

**Українська державна академія залізничного транспорту**

Кафедра фізики

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 23

**ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ ПОВІТРЯ ПРИ  
НОРМАЛЬНИХ УМОВАХ****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 № 23

**ВИЗНАЧЕННЯ ГУСТИНИ ПОВІТРЯ ПРИ  
НОРМАЛЬНИХ УМОВАХ**

**Мета роботи:** вивчення законів ідеальних газів, експериментальне визначення густини повітря.

**Прилади і матеріали:** скляна колба, манометр, насос Комовського, аналітичні терези, термометр, з'єднувальні шланги.

**Теоретичні відомості**

Густиною повітря при нормальних умовах  $\rho_0$  називають масу, яка міститься у об'ємі  $1 \text{ м}^3$  при температурі  $T_0 = 273 \text{ К}$  і тиску  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Величину  $\rho_0$  можна розрахувати, якщо відома густина повітря  $\rho_1$  при лабораторних умовах, тобто при температурі  $T$  і тиску  $p_1$ , які існують у лабораторії під час вимірювань.

Експериментально величину  $\rho_1$  можна визначити наступним чином. На аналітичних терезах зважують колбу з відомим об'ємом  $V_1$  і знаходять її масу  $m_1$ . Потім повітря із колби відкачують за допомогою насоса Комовського, вимірюють остаточний тиск у колбі  $p_2$ , і закривають кран колби. Колбу з частково відкачаним повітрям знову зважують і визначають її масу  $m_2$ . Маса відкачаного повітря буде дорівнювати

$$\Delta m = m_1 - m_2. \quad (1)$$

Потім розраховують об'єм  $\Delta V$ , який займало би викачане з колби повітря при лабораторних умовах

$$\Delta V = V_1 - V, \quad (2)$$

де  $V$  – об'єм, який би займало при лабораторних умовах повітря, котре залишилось у колбі. Згідно з законом Бойля-Маріотта цей об'єм дорівнює  $V = \frac{V_1 p_2}{p_1}$ . Підставляючи цей вираз у формулу

(2), знаходимо різницю  $\Delta V = V_1 \left( 1 - \frac{p_2}{p_1} \right)$ , котрій відповідає маса  $\Delta m$  відкачаного повітря. Густина повітря при лабораторних умовах

$$\rho_1 = \frac{\Delta m}{\Delta V} = \frac{(m_1 - m_2) p_1}{V_1 (p_1 - p_2)}. \quad (3)$$

Стан ідеального газу маси  $m$  описується рівнянням Клапейрона–Менделєєва

$$pV = \frac{m}{M} RT, \quad (4)$$

де  $p$  – тиск газу,  $V$  – об'єм, який він займає,  $M$  – молярна маса газу,  $R$  – універсальна газова стала,  $T$  – абсолютна температура.

Згідно з цим рівнянням густина газу надається виразом  $\rho = \frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$ . Таким чином, якщо нам відома густина  $\rho_1$  при температурі  $T$  і тиску  $p_1$ , то приведена до нормальних умов густина буде надаватись виразом  $\rho_0 = \rho_1 \frac{p_0 T}{p_1 T_0}$ . Остаточню, одержуємо вираз для густини повітря при нормальних умовах

$$\rho_0 = \frac{(m_1 - m_2) p_0 T}{V_1 (p_1 - p_2) T_0}. \quad (5)$$

Експериментальна установка для визначення густини повітря при нормальних умовах складається з скляної колби  $A$  з краном  $K$  (рис. 1), вакуумного насоса, манометра і аналітичних терезів (на рисунку не показані).

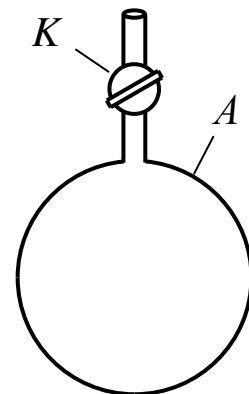


Рис. 1

### Послідовність виконання роботи

1. Накреслити таблицю вимірюваних величин за зразком, наведеним у табл. 23.1.
2. Визначити за допомогою барометра атмосферний тиск  $p_1$ .
3. Визначити за допомогою термометра температуру  $t$  в лабораторії. Знайти абсолютну температуру  $T = t + 273$  і занести її у таблицю.
4. Зважити на аналітичних терезах колбу при відкритому крані  $K$  і знайти масу колби  $m_1$  разом з повітрям, що в неї знаходиться.
5. З'єднати колбу з насосом і манометром за допомогою з'єднувального шлангу. Кран колби  $K$  повинен бути відкритим. Відкачати повітря з колби поки тиск в колбі не зменшиться до деякого значення  $p_2$ .
6. Старанно закрити кран колби  $K$  і записати показання манометра  $p_2$  у таблицю.
7. Зважити на аналітичних терезах колбу і знайти масу  $m_2$  колби разом з повітрям, що в неї залишилось.
8. За формулою (5) знайти густину повітря при нормальних умовах  $\rho_0$ . (Значення об'єму колби  $V_1$  надано на установці).
9. Обчислити відносну та абсолютну похибки визначення  $\rho_0$ .
10. Проаналізувати результати і зробити висновки.
11. Підготувати відповіді на контрольні питання.

### Контрольні питання

1. Сформулюйте основні положення молекулярно-кінетичної теорії речовини.
2. Що називається термодинамічною системою? Наведіть приклади таких систем.
3. Що називається ідеальним газом? Дайте розвинуту його характеристику.

4. Якими термодинамічними параметрами характеризується стан даної маси газу? Запишіть рівняння стану ідеального газу.
5. Дайте визначення тиску газу або рідини. У яких одиницях він вимірюється?
6. Виведіть рівняння стану ідеального газу, використовуючи закони класичної механіки.
7. Дайте характеристику температурних шкал Цельсія і Кельвіна. Як вони зв'язані одна з одною?
8. Дайте визначення молю речовини? Скільки молекул міститься в одному молі будь-якої речовини?
9. Виведіть робочу формулу для визначення  $\rho_0$ .

### Звіт за виконану роботу

1. Робоча формула:

$$\rho_0 = \frac{(m_1 - m_2) p_0 T}{V_1 (p_1 - p_2) T_0} - \text{густина повітря при нормальних умовах.}$$

- 1.1. Величини, що вимірюються:

$$p_1 - \text{атмосферний тиск,} \quad [p_1] = \text{Па,} \quad \Delta p_1 = 5 \cdot 10^3 \text{ Па;}$$

$$p_2 - \text{тиск в колбі після відкачування повітря,} \\ [p_2] = \text{Па,} \quad \Delta p_2 = 5 \cdot 10^3 \text{ Па;}$$

$$T - \text{абсолютна температура,} \quad [T] = \text{К,} \quad \Delta T = 1 \text{ К;}$$

$$m_1 - \text{маса колби з повітрям під тиском } p_1, \\ [m_1] = \text{кг,} \quad \Delta m_1 = 10^{-6} \text{ кг;}$$

$$m_2 - \text{маса колби з повітрям під тиском } p_2, \\ [m_2] = \text{кг,} \quad \Delta m_2 = 10^{-6} \text{ кг.}$$

- 1.2. Табличні величини:

$$T_0 = 273 \text{ К} - \text{температура плавлення льоду;}$$

$p_0 = 10^5$  Па – нормальний атмосферний тиск.

1.3. Величини, що обчислюються:

$\rho_0$  – густина повітря при нормальних умовах,  $[\rho_0] = \text{кг/м}^3$ .

2. Результати експерименту:

Таблиця 23.1

$V_1$	$\Delta V_1$	$p_1$	$p_2$	$\Delta p$	$t$	$T$	$\Delta T$	$m_1$	$m_2$	$\Delta m$
м <sup>3</sup>		Па			°С	К		кг		

Результати експерименту підтверджую

\_\_\_\_\_ (дата і підпис викладача)

3. Обробка результатів експерименту:

$$\rho_0 = \frac{(m_1 - m_2) p_0 T}{V_1 (p_1 - p_2) T_0} = \quad .$$

Визначення відносної та абсолютної похибок:

$$\varepsilon = \frac{2 \Delta m}{m_1 - m_2} + \frac{\Delta T}{T} + \frac{2 \Delta p}{p_1 - p_2} + \frac{\Delta V}{V_1} = \quad ;$$

$$\Delta \rho_0 = \varepsilon \cdot \rho_0 = \quad ;$$

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

4. Висновки:

---



---