

УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ГАЗОВИХ ЗАКОНІВ

Юрій Краснобокий, Сергій Паршуков, Олександр Смірнов

В статті розглядається модернізація лабораторної установки для дослідження газових законів.

In the article the modernization of the laboratory setting for research of gas laws is considered

Лабораторні заняття з фізики у вищих навчальних закладах, зокрема педагогічних, мають на меті поглибити теоретичні знання студентів і пов'язати їх з практикою, ознайомити студентів з сучасними технічними засобами і методами дослідження, а також сприяти докладнішому вивченню фізичних понять, явищ і законів.

В умовах сьогодення лабораторний практикум з фізики у вищій школі має відображати сучасний стан розвитку наукового експерименту, зокрема, широке використання в ньому комп'ютерних технологій. Але недостатнє фінансування закладів освіти (сучасне обладнання коштує чималих грошей) та відсутність широкого спектру лабораторних засобів нового покоління примушує знаходити можливості використання «старого» обладнання, яке, зважаючи на вік, має не зовсім естетичний вигляд і, в переважній більшості, є несправним. Та вдало

проведена модернізація такого обладнання дозволяє використовувати його в лабораторному і демонстраційному експерименті як у вищій, так і загальноосвітній школах.

Ми пропонуємо один з можливих варіантів удосконалення лабораторної установки для вивчення газових законів.

Схему дослідної установки до

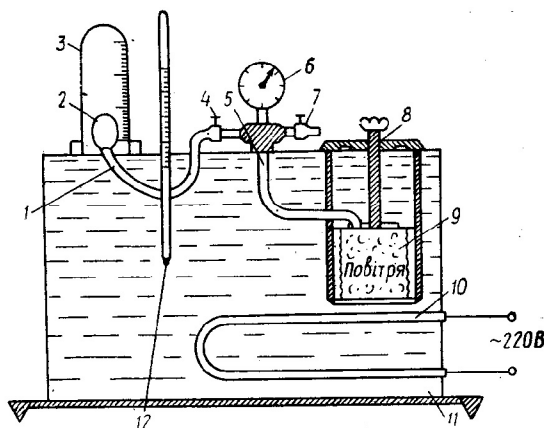


Рис. 1

модернізації зображено на рис. 1 [1, с.171]. Вона складається з циліндричної посудини 11 з водою, електронагрівника 10, сифона змінного об'єму 9 з гвинтом 8, манометра 6, двоходових кранів 4 і 7, з'єднувальних гумових шлангів 1 і 5, повітряної гумової кулі 2 та мірної посудини 3 з підфарбованою рідиною. Для визначення температури води в посудині 11 користуються лабораторним термометром 12 з ціною поділки 0,1 К. При закритих кранах 4 і 7 сифон 9 з'єднаний з манометром 6.

Недоліками даної установки є:

- по-перше, сифон безпосередньо контактує з водою, тому на його поверхні відбуваються корозійні процеси і з часом він приходить у повну непридатність;
- по-друге, зміну об'єму сифона визначають виходячи з того, що один оберт гвинта 8 відповідає зміні об'єму сифона на 27 см^3 , при цьому кількість цілих поділок манометра 6 не завжди співпадає з певною кількістю повних обертів гвинта сифона 8, а звідси виникає і більша похибка при вимірюванні зміни об'єму;
- по-третє – це використання ртутного термометра, який дуже легко пошкодити при необережному поводженні з установкою і який відзначається інерційністю, тобто не відразу реєструє температуру середовища.

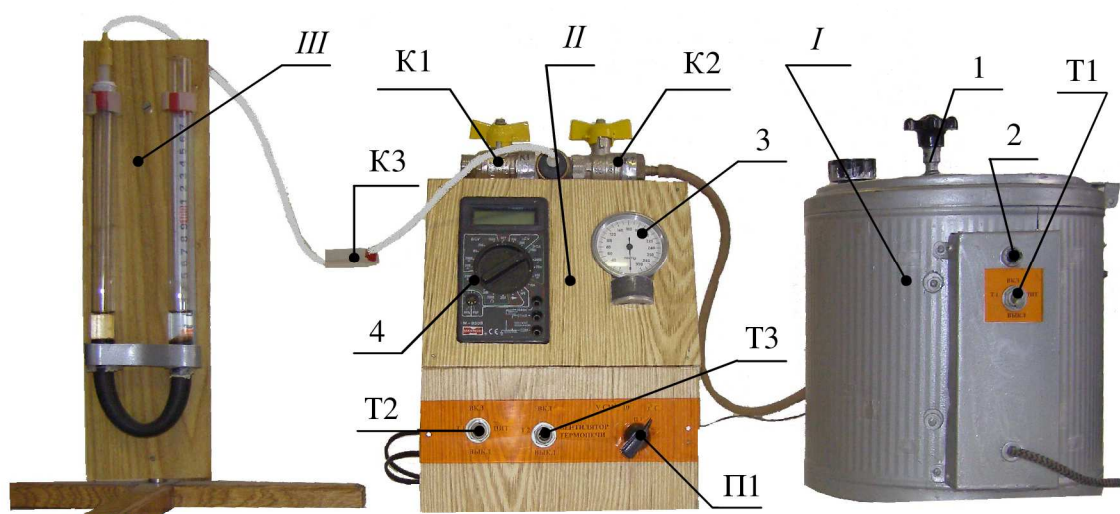


Рис. 2

Зовнішній вигляд модернізованої лабораторної установки для дослідження газових законів зображено на рис.2. Вона складається з термопечі *I*, вимірювального блоку *II* та вимірювача зміни об'єму газу в ізобарному процесі *III*.

Електричну схему установки зображено на рис.3.

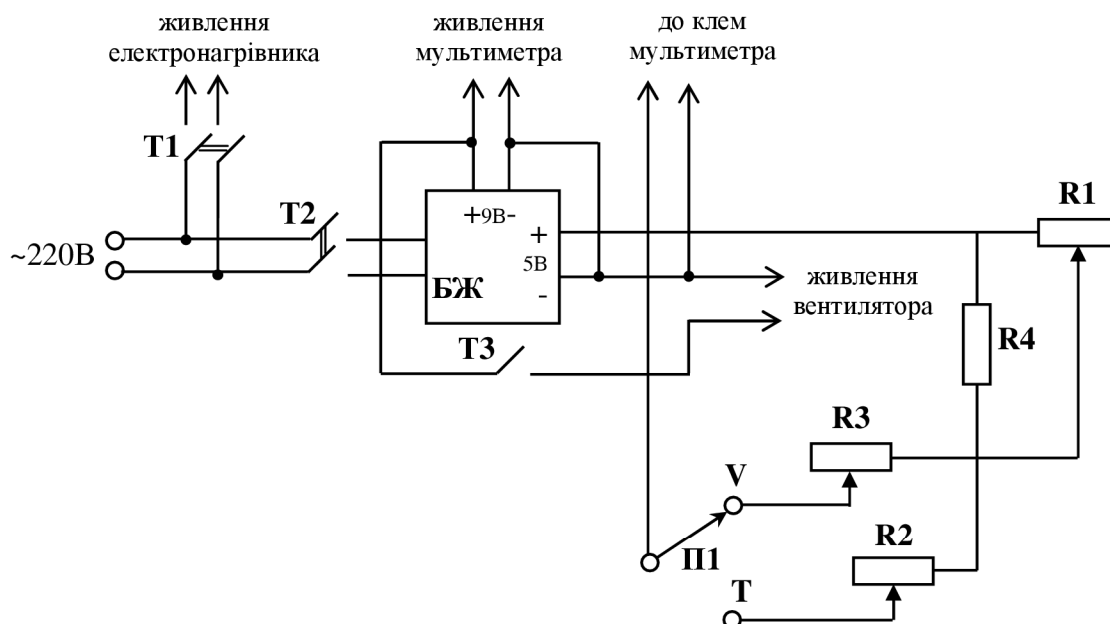


Рис.3

Всередині термопечі *I* встановлено сильфон. З рухомою верхньою частиною сильфона механічно з'єднаний повзунок потенціометра R1. Змінний опір R1 є датчиком об'єму сильфона. Крім цього всередині термопечі встановлений датчик температури R4, який складається з 9-ти послідовно з'єднаних опорів ММТ-4 опором 24 кОм кожний, вентилятор, електронагрівник потужністю 300-500 Вт та тумблер T1 вмикання живлення електронагрівника.

До вимірювального блоку *II* входять наступні елементи і пристрої:

- мультиметр 4 для вимірювання температури всередині термопечі (відповідно і в сильфоні) або об'єму сильфона, в залежності від положення перемикача П1;
- манометр 3;
- блок живлення (БЖ) з вихідними напругами 9 вольт для живлення мультиметра і вентилятора та 5 вольт для живлення датчика об'єму і датчика температури;

- регулювальні опори R2 і R3.

На передній панелі вимірювального блоку змонтовані тумблер T2 для подання напруги на блок живлення (БЖ), тумблер T3 для подання напруги на вентилятор та перемикач П1, який встановлюється в положення «Т» для вимірювання температури або «V» для вимірювання об'єму. Зверху на вимірювальному блоці змонтовані крани K1 та K2. При закритих кранах K1 і K3 і відкритому крані K2 сильфон з'єднаний з манометром 3.

Вимірювач зміни об'єму газу в ізобарному процесі III складається з 2-х скляних трубок великого діаметра (порядку 4-5см), з'єднаних між собою гумовим шлангом у вигляді U-подібної трубки та вимірювальної лінійки. Одна з цих скляних трубок з'єднана з атмосферою, інша за допомогою гумового шлангу та крану K3 з'єднана з вимірювальним блоком.

При вмиканні тумблера живлення T1 подається напруга на електронагрівник, про що свідчить горіння лампочки 2. Об'єм сильфона можна змінювати повертаючи гвинт 1 (за годинниковою стрілкою для зменшення об'єму сильфона та проти годинникової стрілки для збільшення об'єму сильфона). Вентилятор, який вмикається тумблером T3 призначений для рівномірного розподілу теплоти, яка іде від електронагрівника і відповідно вирівнювання температури в усьому об'ємі термопечі I.

Слід відмітити, що модернізація установки проводилася з участю студентів фізико-математичного факультету під час вивчення курсу «Молекулярна фізика та основи термодинаміки» в рамках виконання індивідуального науково-дослідного завдання з вказаного курсу. Виконання індивідуальних науково-дослідних завдань передбачає: виготовлення нових лабораторних установок та модернізацію вже існуючих, або створення комп'ютерної програми, яка б моделювала дослідну установку та досліджуване явище.

Методика проведення досліджень за допомогою модернізованої установки полягає в наступному:

Ізотермічний процес

1. Встановити початкове положення перемикачів на вимірювальному блоці:

- тумблери Т1 і Т2 в положення «Вимк»;
 - перемикач П1 в положення «V» для вимірювання об'єму.
2. Відкрити крани К1 і К2, кран К3 закрити.
 3. Встановити максимальний об'єм сильфона, обертаючи ручку гвинта 1 сильфона проти годинникової стрілки до упору.
 4. Закрити кран К1.
 5. Підключити установку до мережі 220 В.
 6. Включити тумблер Т2. При цьому на екрані мультиметра висвічуються цифри 80 ± 5 , що відповідає об'єму сильфона $800 \pm 5 \text{ см}^3$. Покази манометра дорівнюють нулю отже тиск у сильфоні дорівнює атмосферному, який вимірюється за допомогою барометра. Ці покази заносяться до протоколу дослідження.
 7. Зменшувати об'єм сильфона обертанням ручки гвинта 1 за годинниковою стрілкою. Зняти ще 4-5 показів мультиметра і манометра та записати їх в протокол (тиск у сильфоні дорівнює сумі атмосферного і того, що показує манометр).
 8. Перевірити закон Бойля-Маріотта: $pV = \text{const}$.
 9. Встановити перемикачі на вимірювальному блоці у початкове положення.

Ізохорний процес

1. Встановити початкове положення перемикачів на вимірювальному блоці:
 - тумблери Т1 і Т2 в положення «Вимк»;
 - перемикач П1 в положення «Т» для вимірювання температури.
2. Відкрити кран К1 і К2, кран К3 закрити. Переконавшись, що покази манометра дорівнюють нулю.
3. Закрити кран К1.
4. Підключити установку до мережі 220 В.
5. Включити тумблер Т2 на вимірювальному блоці. На екрані мультиметра висвічуються цифри, які показують початкову температуру повітря в сильфоні при атмосферному тиску. Занести ці покази до протоколу.
6. Включити тумблер Т3 на вимірювальному блоці і Т1 на термopечі. Через

деякий час температура і тиск у сильфоні почне збільшуватися.

7. Зняти 4-5 показів манометра і мультиметра та записати їх в протокол. Не допускати підвищення температури у сильфоні вище 60 °С.
8. Перевірити закон Шарля: $\frac{P}{T} = const$. Побудувати графік $p=f(T)$.
9. Встановити перемикачі на вимірювальному блоці та термopечі у початкове положення.

Ізобарний процес

1. Відкрити крани К1, К2, К3.
2. Включити тумблери Т3 і Т2 на вимірювальному блоці.
3. Записати в протокол початкові значення об'єму і температури повітря в сильфоні (перемикач П1 почергово ставити в положення «V» а потім – «Т»).
4. Зафіксувати початкове положення води у вимірювачі об'єму III.
5. Закрити кран К1.
6. Включити термopіч тумблером Т1. При зміні температури змінюється об'єм газу в сильфоні, який фіксують вимірювачем зміни об'єму III. При цьому процес відбувається практично без зміни тиску в сильфоні ($p=const$).
7. Записати 4-5 значень об'єму і температури через кожні 4-5 К (об'єм дорівнює сумі початкового об'єму і того, що фіксують вимірювачем зміни об'єму III).
8. Перевірити закон Гей-Люсака: $\frac{V}{T} = const$. Побудувати графік $V=f(T)$.
9. Встановити перемикачі на вимірювальному блоці та термopечі у початкове положення.

Адіабатний процес

- 1 Закрити крани К1, К2 і К3.
- 2 Гвинтом 1 повільно стиснути повітря в сильфоні так, щоб тиск (слідкувати за манометром) помітно збільшився. Записати покази

манометра p' .

- 3 Швидко відкрити кран К1 і знову закрити. При цьому тиск газу в сильфоні стає таким, що дорівнює атмосферному (покази манометра дорівнюють нулю).
4. Через 3-4 хв температура повітря в сильфоні вирівнюється з температурою повітря в термопечі, а тиск дещо збільшиться про що свідчитимуть покази манометра p'' . Записати покази манометра p'' .
5. Повторити вимірювання 3-4 рази.
6. За формулою $\gamma = \frac{p'}{p' - p''}$ розрахувати γ . Порівняти з табличними даними для повітря.
7. Розрахувати абсолютну і відносну похибки вимірювання γ .
8. Результати вимірювань та розрахунків записати в протокол виконання лабораторної роботи.
9. Встановити перемикачі на вимірювальному блоці та термопечі у початкове положення.
10. Від'єднати установку від електричної мережі 220 В.

Удосконалена таким чином лабораторна установка позбавлена недоліків, перелічених вище. Сильфон не контактує з водою, з усіх боків його оточує повітря, відповідно відсутні корозійні процеси. Об'єм сильфона з достатньою точністю вимірюється за допомогою мультиметра 4. Навіть незначна зміна об'єму відразу відображається на дисплеї мультиметра. Температура вимірюється електричним методом, необережне поводження з установкою не може призвести до пошкодження вимірювального засобу, як у випадку з ртутним термометром. Разом з цим модернізована лабораторна установка має сучасний естетичний вигляд, зручна у користуванні і, на наш погляд, відповідає вимогам ергономіки. Її можна використовувати для перевірки рівнянь ізопроцесів та адіабатного процесу як при проведенні лабораторного практикуму при вивченні курсу «молекулярна фізика та основи термодинаміки» у вищій школі, так і при вивченні фізики у 10 класі

загальноосвітньої школи.

Використана література

1. Загальна фізика: Лабораторний практикум.: Навч. посібник / В.М.Барановський, П.В.Бережний, І.Т.Горбачук та ін.; За заг. ред І.Т. Горбачука. – К.: Вища шк., 1992. – 509 с.