

УДК 53:004.032.6(043.3)

*Заболотний В. Ф., Моклюк М. О., Мисліцька Н. А.
Вінницький державний педагогічний університет
імені Михайла Коцюбинського*

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИВЧЕННЯ ЗАКОНІВ ІДЕАЛЬНОГО ГАЗУ ЗАСОБАМИ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Розглянуто теорію вивчення законів для ідеального газу та запропоновано методику проведення навчального експерименту з комплексного вивчення газових законів. В основу запропонованої методики покладено використання обладнання Nova-5000.

Ключові слова: *газові закони, датчики Nova-5000, лабораторна робота.*

Розвиток технічного прогресу вимагає пошукових досліджень у багатьох видах професійної діяльності. Стрімкий розвиток ІКТ спонукає до підвищення вимог до розумової діяльності особистості, рівня її креативного та інтелектуального зростання. Це вимагає наявності умінь швидкого реагування та виконання певних дій у складних темпових ситуаціях, насичених новизною фактів і даних про фізичні явища, процеси тощо.

Одним із важливих відкриттів людства є усвідомлення того, що природу можна вивчати лише науковими методами. На основі таких методів створена молекулярно-кінетична теорія будови речовини. Вона з'явилася в результаті теоретичних узагальнень значної кількості експериментальних спостережень, досліджень, які накопичило людство протягом багатьох сторіч.

Нинішнє століття ознаменоване тим, що зараз здійснюється активне впровадження у життєдіяльність людини, навчальний процес зокрема, сучасних засобів і технологій. Це вимагає від педагогів застосування такого обладнання, відповідних методів формування умінь і навичок, які слугуватимуть мотивом до конкретних дій і, як результат, викликатимуть покращання пізнавальної діяльності учня.

Опишемо методику проведення навчального експерименту з комплексного вивчення газових законів. В основу запропонованої методики покладено використання обладнання Nova-5000 [2] – датчик тиску, планшет (Notebook), програма управління, яка надає можливість здійснювати значну кількість вимірювань значень параметрів стану газу та здійснювати збір даних, їх обробку й виведення на екран монітора відповідних графіків залежності між фізичними величинами. Автоматизація обробки результатів експериментального дослідження надає можливість комплексного вивчення газових законів.

Класичне вивчення законів виконується, як правило, з використанням стандартного обладнання: сильфон, демонстраційний манометр, термометр, скляна трубка, холодна і тепла вода тощо. Використання такого обладнання під час уроку відбувається з метою якісного аналізу характеру закономірностей між параметрами стану газу як експеримент, що задовольняє вимоги наочності, переконливості, надійності. Однак використання такого обладнання з метою отримання кількісних обрахунків, чіткого аналізу графічних залежностей тощо, є значно менш ефективним.

Доречно зазначити, що вчителі за власним вибором проводять лабораторну роботу або з вивчення закону для ізотермічного (закон Бойля–Маріотта), або ізобарного процесу (закон Гей-Люссака). Сучасні засоби навчання, зокрема набір відповідних датчиків Nova-5000, надають можливість вивчення всіх газових законів на основі проведення дослідження між двома параметрами стану газу $p = f(V)$ для різних значень (не менше трьох) температури газу.

Загальний вигляд установки наведено на рис. 2.

Експериментальне вимірювання полягає у визначенні тиску газу під поршнем у разі повільної зміни об'єму газу та перевірки з результатами вимірювань співвідношення $p = f(V)$, де p – тиск газу, V – його об'єм.

Рівняння стану можна записати у вигляді функціональної залежності одного з параметрів від двох інших. Математичний вигляд може мати два види:

$$p = f(V, T) \quad \text{або} \quad p = p(V, T) \\ T = f(p, V) \quad \text{або} \quad T = T(p, V)$$

Для ідеального газу таке рівняння має назву рівняння Менделєєва–Клапейрона.

Слід зазначити, що вивчення теми вимагає чіткості введення всіх понять і термінів. Серед них поняття – ідеальний газ. Його здебільшого у практиці навчання вводять шляхом простого означення. З нашого погляду, це обмежує обсяг цього поняття та звужує сферу оперування ним. Розглянемо такий спосіб його формування. Він базується на уявленнях механічної взаємодії тіл. Відомо, що характерний розмір молекул, наприкладі кисню та азоту, з яких переважно складається повітря, має порядок $0,3$ нм. Швидкість відносного руху молекул змінюється в результаті пружної взаємодії. Взаємодія окремої пари молекул стає помітною у випадку, коли віддаль між молекулами стає меншою деякого значення a . Доречно зрозуміти, що стосовно вказаної молекули всі інші слугують мішенню, загальна площа якої $\sigma = \pi a^2$. Цю площу називають площею поперечного перерізу зіткнень. Для молекул кисню (O_2) за нормальних умов $\sigma = 4 \cdot 10^{-19}$ м². Звідки $a \approx 0,36$ нм. Оцінімо віддаль ℓ , під час руху вздовж якої молекула не буде взаємодіяти з іншими. Ця віддаль має назву довжина вільного пробігу.

Зіткнення, як ми допустили, відбудуться у випадку наближення центрів мас молекул на віддаль, меншу ніж a . Це буде у тому випадку, коли у об'ємі $\sigma \ell \approx \pi a^2 \ell$ перебуває хоча би одна молекула. Тобто $\pi a^2 \ell = 1$.

Якщо вважати, що за нормальних умов у одиниці об'єму міститься число молекул, яке називають числом Лошмідта – $N_L = 2,68 \cdot 10^{25}$ м⁻³, то $N_L \pi a^2 \ell = 1$.

$$\ell = \frac{1}{\pi a^2 N_L} \Rightarrow \ell \approx 93 \text{ нм.}$$

Через 40 років (1874 р.) значення цієї константи вирахував Д. І. Менделєєв. Вона дістала назву – універсальна газова стала, її позначають латинською літерою R . Експериментально встановлено, що для одного моля газу ця величина дорівнює $8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$. Саме таке значення універсальної газової сталої у міжнародній системі одиниць.

$$\frac{pV}{T} = R$$

Для одного моля ідеального газу рівняння стану набуває вигляду $\frac{pV}{T} = R$.

Зазвичай у шкільних підручниках [3–7] рівняння Менделєєва–Клапейрона записують

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

у вигляді:

Рівняння стану ідеального газу – універсальне, оскільки описує всі речовини в газоподібному стані.

Слід зазначити, що такий результат – універсалізм, не має аналогів у інших розділах фізики і разом з тим є прикладом відображення найбільш загальних закономірностей.

Перехід газу з одного рівноважного стану до іншого називають термодинамічним процесом. У шкільному курсі фізики обмежуються вивченням лише рівноважних процесів. Причому, з цієї безлічі процесів, у яких реалізується перехід з одного стану в інший, у шкільному курсі фізики вивчають лише три закономірності, які дістали назву газових законів. Нагадаємо їх:

1. Закон Бойля–Маріотта.

Для даної маси газу при незмінній температурі добуток тиску газу на його об'єм є величиною стала.

Дійсно, параметри стану газу одночасно задовольняють рівняння стану

$$pV = \frac{m}{M}RT \quad \text{і} \quad T = \text{const}.$$

За такої умови вираз $\frac{m}{M}RT$ є постійною величиною, тому $pV = \text{const}$.

У такій формі рівняння було отримане Р. Бойлем (1668 р.) як результат обробки експериментальних даних. Через 14 років французький учений Е. Маріотт уточнив формулювання Бойля умовою при незмінній температурі. Графічну залежність $p = f(V)$ називають ізотермою (рис. 1).

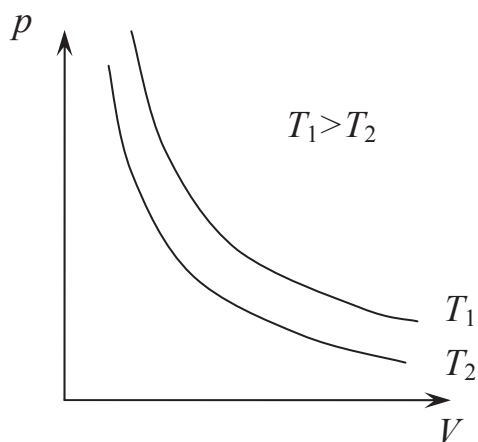


Рис. 1

Важливо зазначити учням, що для ізотермічного процесу, який відбувається при вищій температурі, значення функції P для того ж аргументу V , що і для попереднього процесу, буде більшим.

Для складання установки необхідно таке обладнання: медичний шприц (50 або 100 мл); датчик тиску (0–700 кПа); портативний комп'ютер Nova-5000; датчик температури. Замість комп'ютера Nova-5000 можна використати універсальний реєструючий пристрій, що приєднується до комп'ютера, на якому встановлено програмне забезпечення MultiLab.

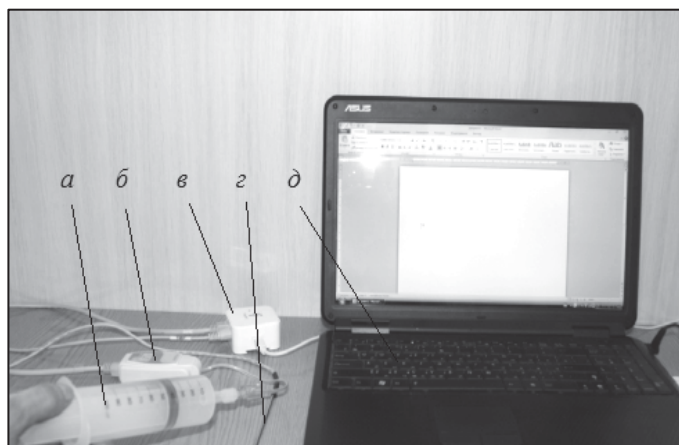



Рис. 2



а – медичний шприц (100 мл); *б* – датчик тиску (0–700 кПа); *в* – адаптер, що приєднується до комп'ютера; *г* – датчик температури;

Для підготовки до виконання лабораторної роботи необхідно: ввімкнути комп'ютер, під'єднати датчики тиску та температури до роз'ємів 1 і 2 реєструючого пристрою, який

за допомогою кабеля приєднати до USB-порту комп'ютера; активізувати запуск програмного засобу MultiLab; натиснути кнопку “налаштування” на основній панелі і встановити параметри вимірювань за зразком:

Установка реєстратора даних
 Датчики: роз'єм 1 тиску (0–700 кПа)
 роз'єм 2 температури
 Частота: вручну
 Виміри: 10 вимірювань

Щоб розпочати виконання лабораторного дослідження варто встановити шток поршня шприца на позначку 100 мл (50 мл) та до його наконечника приєднати датчик тиску. Для початку реєстрації даних необхідно натиснути кнопку “Старт” , яка розташована на верхній панелі. Повторити вимірювання тиску та температури, зменшуючи об'єм газу у внутрішній частині шприца на 2–5 мл до 40 мл (20 мл). Для припинення набору даних треба натиснути кнопку “Стоп”.

У подальшому в середовищі MultiLab отримані результати обробляються і аналізуються. Для цього спочатку необхідно додати колонку значень об'ємів: натиснути *табличне представлення*  на основній панелі для відображення таблиці; активізувати на основній панелі *інструменти*, потім натиснути *дати колонку вручну*, щоб відкрити діалогове вікно; ввести у полі редагування *назва колонки* “Об'єм” та в полі редагування *одиниця колонки* “мл”, а потім натиснути *ОК*. Програма MultiLab відкриє при цьому нову колонку у вікні з таблицею. У подальшому необхідно ввести значення об'єму, натиснувши на комірці і набравши відповідне значення. Результат таких дій приведе до отримання вікна, яке зображено на рис. 3. Для перегляду графічної залежності тиску газу від його об'єму треба натиснути *відображення графіка* .

| | <i>samples</i> | <i>P, кПа</i> | <i>t, °C</i> | <i>V, мл</i> | |
|---|----------------|---------------|--------------|--------------|--|
| 1 | 0 | 99,286 | 0,5 | 90 | |
| 2 | 1 | 101,25 | 0,5 | 88 | |
| 3 | 2 | 103,04 | 0,5 | 86 | |
| 4 | 3 | 105 | 0,5 | 84 | |
| 5 | 4 | 106,96 | 0,5 | 82 | |
| 6 | 5 | 109,29 | 0,5 | 80 | |
| 7 | 6 | 111,96 | 0,5 | 78 | |
| 8 | 7 | 114,46 | 0,5 | 76 | |

Рис. 3.

Після чого необхідно виконати аналогічні кроки для випадків, коли шприц буде поміщений у посудину з льодом (рис. 4, а) та в посудину з теплою водою (рис. 4, б). При цьому датчик температури зафіксує значення температури середовища, в якому перебуває шприц, а, отже, і повітря у шприці.



Рис. 4.

За результатами експериментальних досліджень можна отримати графіки, показані на рис. 5.

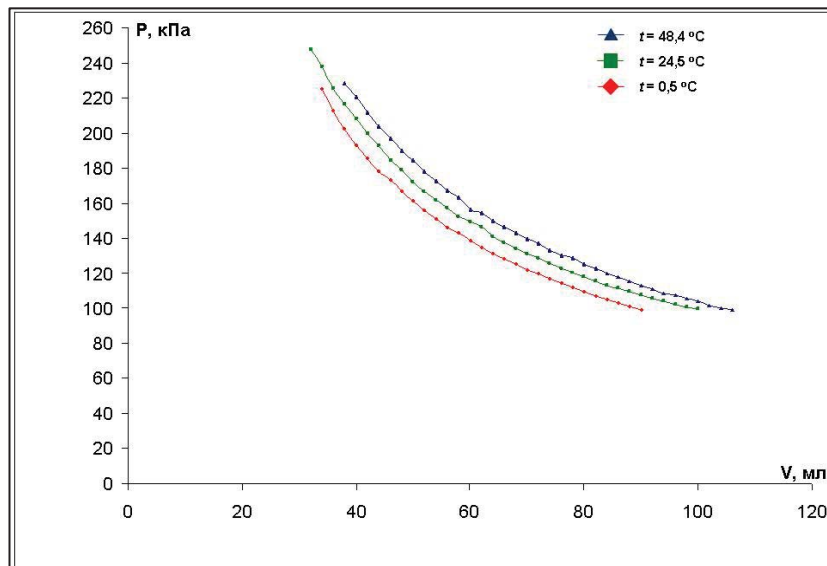


Рис. 5

За графіками необхідно зробити висновок, що ізотерми, отримані за умови вищої температури газу, розташовані у відповідному порядку одна над одною.

На основі графічних залежностей $p = f(V)$ (ізотерм) при різних температурах можна перейти до дослідження ізобарного та ізохорного процесів. Для цього при певному значенні об'єму газу (66 мл) можна отримати три значення тиску для трьох різних температур при постійному об'ємі. На основі цих даних можна побудувати графік $p = f(T)$ (рис. 6). Його форма збігається з теоретично отриманими висновками.

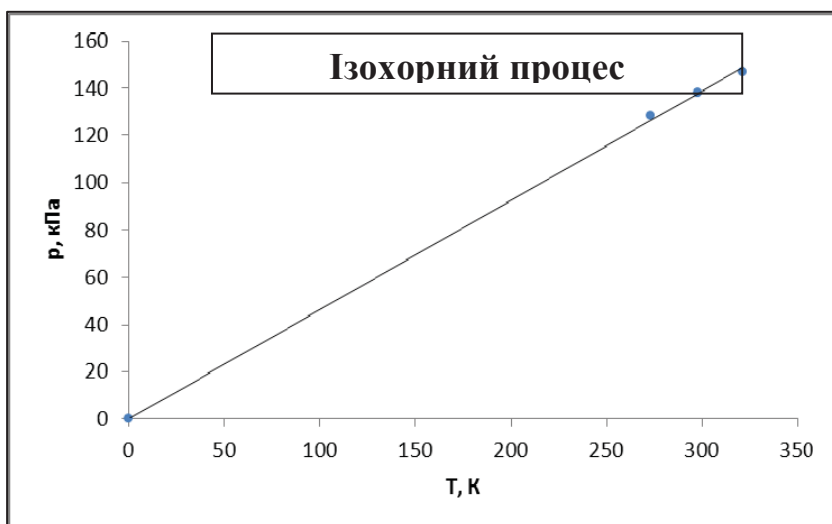


Рис. 6

Аналогічно можна отримати три значення об'єму для заданого значення тиску (128 кПа) при різних температурах, на основі чого побудувати графічну залежність $V = f(T)$ (рис. 7)

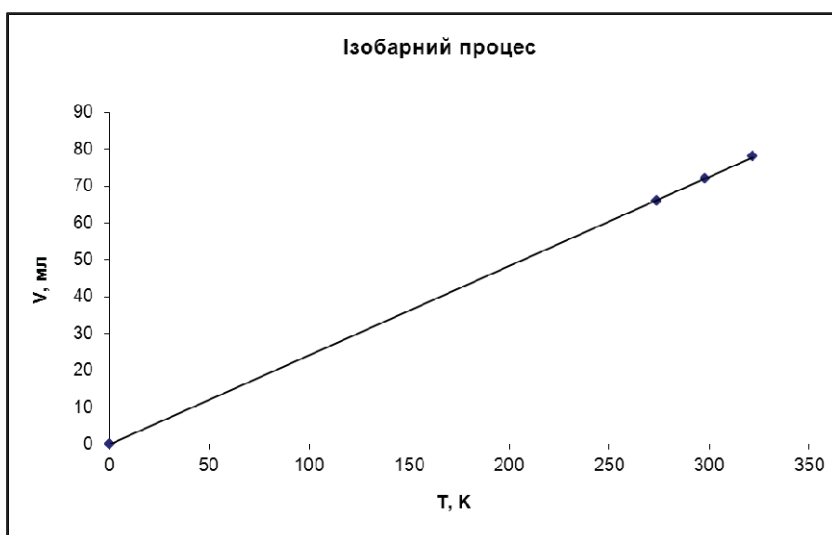


Рис. 7

Отже, використовуючи наявне у Nova-5000 програмне математичне забезпечення, можна встановити формулу аналітичної залежності $p = f(V)$. За математичною залежністю (формулою) в подальшому визначають для кожної з ізоTERM значення тиску та об'єму (мінімум три значення). За останніми будують графічні залежності $p = f(T)$, якщо $V = \text{const}$, $V = f(T)$, якщо $p = \text{const}$, на основі яких переконуються в тому, що ці залежності є лінійними.

Проведене дослідження, за рахунок можливості отримання значної кількості значень об'єму і тиску газу, дозволяє встановити аналітичну формулу, що описує цю експериментальну залежність. Шляхом вибору довільних значень тиску (або об'єму) для кожної ізоТЕРМИ маємо можливість побудувати всі залежності між різними параметрами стану.

Використана література:

1. Заболотний В. Ф. Формування методичної компетентності учителя фізики засобами мультимедіа : [монографія] / Володимир Федорович Заболотний. – Вінниця : Едельвейс і К, 2009. – 454 с.
2. MultiLog, MultiLogPRO, TriLog and TriLink. Experiments in Physics. With Fourier Systems' data loggers. – Fourier, 2006. – 287 p.
3. Коршак Є. В. Фізика. 10 кл. : підруч. для загальноосвітніх навчальних закладів: рівень стандарту / Є. В. Коршак, О. І. Ляшенко, В. Ф. Савченко. – К. : Генеза, 2010. – 192 с.
4. Засекіна Т. М. Фізика : підруч. для 10 кл. загальноосвітніх навч. закладів освіти (профільний рівень) / Т. М. Засекіна, М. В. Головка. – К. : Пед. думка, 2010. – 304 с.
5. Сиротюк В. Д. Фізика : підруч. для 10 кл. загальноосвітніх навч. закладів (рівень стандарту) / В. Д. Сиротюк, В. І. Баштовий. – К. : Освіта, 2010. – 303 с.
6. Бар'яхтар В. Г. Фізика. 10 кл. : Академічний рівень : підруч. для загальноосвітніх навч. закладів / В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова. – Х. : Ранок, 2010. – 256 с.
7. Генденштейн Л. Е. Фізика. 10 кл. : підруч. для загальноосвітніх навч. закладів: рівень стандарту / Л. Е. Генденштейн, І. Ю. Ненашев. – Х. : Гімназія, 2010. – 272 с.

Заболотный В. Ф., Моклюк Н. А., Мыслицкая Н. А. Экспериментальное изучение законов идеального газа средствами современных информационно-коммуникационных технологий.

Рассмотрена теория изучения законов идеального газа и предложена методика проведения учебного эксперимента по комплексному изучению газовых законов. В основе предложенной методики лежит использование оборудования Nova-5000.

Ключевые слова: газовые законы, датчики Nova-5000, лабораторная работа.

Zabolotnyy V. F., Moklyuk N. O., Mislitska N. A. Experimental Study of the Ideal Gas law by Means of Modern Information and Communication Technologies.

In this paper we consider the theory of studying the laws of ideal gas and the technique of the school experiment a comprehensive study of gas laws. At the core of the proposed method is the use of equipment Nova-5000.

Keywords: gas laws, sensors Nova-5000, laboratory work.

УДК 373.47:637.03:16

Заяць О. В.
Дрогобицький державний педагогічний
університет імені Івана Франка

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ ДІТЕЙ МОЛОДШОГО ШКІЛЬНОГО ВІКУ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

У статті розкрито психолого-педагогічні особливості розвитку логічного мислення молодших школярів на уроках математики, охарактеризовано шляхи формування логічного мислення у дітей молодшого шкільного віку.

Ключові слова: логіко-математичний розвиток, діти молодшого шкільного віку, логічне мислення, логіка, логічні задачі.

Роль математики в розвитку логічного мислення винятково велика. Причина настільки виняткової ролі математики в тому, що це найбільш теоретична наука з усіх досліджуваних у школі. Як показує досвід, у шкільному віці одним з ефективних способів розвитку мислення є розв'язання школярами нестандартних логічних задач.

Логіка – це наука про закони правильного мислення, вимоги, що висуваються до