

Scientific Research]. Innovative Pedagogy. Odesa, issue 35, pp. 157–163. [in Ukrainian].

5. Panchenko, V.A., Haleta, Ya.V., Chernenko, O.V. (2019). Osnovy menedzhmentu [Basics of management]: navchalnyi posibnyk dlia studentiv ekonomichnykh spetsialnosti. 452 s. [in Ukrainian].

6. Kharchenko, A.O. (2017). Problemy formuvannia profesiinoi kultury v systemi pidhotovky menedzheriv [Problems of formation of professional culture in the system of training managers]. Problemy ta perspektyvy formuvannia natsionalnoi humanitarno-tekhnichno elity : zb. nauk. prats / Za red. L. L. Tovazhnianskoho, O. H Romanovskoho. Kharkiv : NTU «KhPI». Vyp. 15-16 (19-20). S. 88–96. [in Ukrainian].

7. Standart vyshchhoi osvity. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishca-osvita/zatverdzeni%20standarty/12/21/073-Menedzhment.bakal.06.04.22.pdf>. [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

ОГРЕНІЧ Марія Анатоліївна - кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри іноземних мов професійного спілкування, Міжнародний гуманітарний університет, м.Одеса.

Наукові інтереси: дидактика природничих та технологічних наук.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

OGRENICH Maria Anatoliivna – PhD in Pedagogics, Associate Professor, Chair of Foreign Languages of Professional Communication, International Humanitarian University, Odesa.

Scientific interests: methodology of Business English teaching at higher educational institutions.

Стаття надійшла до редакції 23.01.2024 р.

УДК 378.853:862

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-212-126-130

РЯБКО Андрій Вікторович –

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7728-6498>

e-mail: ryabko@meta.ua

КУХАРЧУК Роман Павлович –

кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7588-7406>

e-mail: kuxar4yk1@ukr.net

ХУДАН Максим Юрійович –

вчитель фізики Глухівської загальноосвітньої школи №6

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2336-8521>

e-mail: maksglukhov1809@gmail.com

ІННОВАЦІЙНІ ТА ТРАДИЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВИВЧЕННЯ ІЗОПРОЦЕСІВ У ГАЗАХ НА УРОКАХ ФІЗИКИ: ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНУ БОЙЛЯ-МАРІОТТА

Стаття присвячена методиці вивчення ізопроцесів у газах на уроках фізики на прикладі дослідження закону Бойля-Маріотта. В ній порівнюються два підходи: традиційний, що використовує аналогові прилади, та інноваційний, який задіяє цифрові датчики та комп'ютерні програми. Традиційні інструменти прості у використанні, наочні, розвивають практичні навички учнів, водночас, мають низьку точність вимірювань, трудомісткість обробки результатів, обмежені можливості для візуалізації та аналізу даних. Для вивчення ізотермічного процесу використовується скляна трубка довжиною 600 мм і діаметром 8-10 мм, запаяна з одного кінця, циліндрична посудина довжиною 600 мм і діаметром 40-50 мм, барометр-анероїд, лінійка. Вимірюємо довжину трубки (l_1) та атмосферний тиск (p_1). Потім занурюємо трубку в посудину з водою, вимірюємо довжину повітряного стовпа (l_2) та різницю рівнів води (h). Обчислюємо тиск p_2 , $p_1 l_1$, $p_2 l_2$, ε_1 , ε_2 , Δ_1 , Δ_2 . Порівнюємо $p_1 l_1$ та $p_2 l_2$. Інноваційні інструменти розглядаються на прикладі LabQuest Vernier і мають високу точність вимірювань, швидкість та простоту обробки результатів, широкі можливості для візуалізації та аналізу даних, можливості моделювання та експериментування, але мають вищу вартість, складність використання на початковому етапі, меншу наочність, можуть потребувати додаткових знань та навичок. Методика полягає у використанні датчика тиску до LabQuest, налаштуванні режиму збору даних. Встановіть поршень шприца на 10 мл, приєднайте шприц до датчика. Збирайте дані про тиск і об'єм, змінюючи об'єм шприца на 5; 10; 12,5; 15; 17,5 і 20 мл. Побудуйте графік залежності тиску від об'єму. Визначте математичний зв'язок між тиском і об'ємом за допомогою підгонки кривої. У результаті встановлюється обернена залежність між тиском і об'ємом газу у вигляді рівняння регресії: $y = Ax^B$, де A - константа пропорційності, B - експонента. Автори пропонують перспективний підхід, який поєднує компоненти традиційних та інноваційних дослідницьких установок. Наприклад, можна використовувати датчики тиску та температури Vernier з традиційним обладнанням для вивчення газових законів. Це дозволить підвищити точність вимірювань, зробити процес дослідження більш швидким та ефективним, зберегти наочність та практичну складову дослідження, розширити можливості для візуалізації та аналізу даних. Обидва підходи до вивчення ізопроцесів у газах мають свої плюси та мінуси. Поєднання традиційних та інноваційних інструментів може стати перспективним напрямком у методичному забезпеченні шкільного курсу фізики.

Ключові слова: ізопроцес, закон Бойля-Маріотта, обладнання, тиск, об'єм, температура, LabQuest Vernier.

RIABKO Andrii Viktorovich –

PhD in Education, Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics Education and Informatics, Olexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7728-6498>

e-mail: ryabko@meta.ua

KUKHARCHUK Roman Pavlovych –

PhD in Education, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Mathematics Education and Informatics, Olexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7588-7406>

e-mail: kyxap4yk1@ukr.net

KHUDAN Maksym Yuriyovich –

Physics teacher at Hlukhiv Secondary School №6

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2336-8521>

e-mail: maksglukhov1809@gmail.com

INNOVATIVE AND TRADITIONAL APPROACHES TO THE STUDY OF ISOPROCESSES IN GASES IN PHYSICS LESSONS: STUDYING THE BOYLE-MARRIOTT LAW

The article is devoted to the method of studying isoprocesses in gases in physics classes using the example of studying the Boyle-Marriott law. It compares two approaches: the traditional one, which uses analog instruments, and the innovative one, which uses digital sensors and computer programs. Traditional tools are easy to use, visual, develop students' practical skills, at the same time, they have low measurement accuracy, time-consuming processing of results, limited possibilities for visualization and data analysis. To study the isothermal process, a glass tube 600 mm long and 8-10 mm in diameter, welded at one end, a cylindrical vessel 600 mm long and 40-50 mm in diameter, an aneroid barometer, and a ruler are used. We measure the length of the tube (l_1) and atmospheric pressure (p_1). Then we immerse the tube in a vessel with water, measure the length of the air column (l_2) and the difference in water levels (h). We calculate the pressure p_2 , p_{111} , p_{212} , ε_1 , ε_2 , Δ_1 , Δ_2 . We compare p_{111} and p_{212} . Innovative tools are considered on the example of LabQuest Vernier and have high measurement accuracy, speed and ease of processing results, extensive opportunities for visualization and data analysis, modeling and experimentation opportunities, but have a higher cost, complexity of use at the initial stage, less visibility, may require additional knowledge and skills. The technique consists in using a pressure sensor for LabQuest, setting the data collection mode. Set the syringe plunger to 10 ml, connect the syringe to the sensor. Collect pressure and volume data by varying the volume of the syringe by 5; 10; 12.5; 15; 17.5 and 20 ml. Draw a graph of the dependence of pressure on volume. Determine the mathematical relationship between pressure and volume using curve fitting. As a result, an inverse relationship between pressure and gas volume is established in the form of a regression equation: $y = Ax^B$, where A is the constant of proportionality, B is the exponent. The authors propose a promising approach that combines components of traditional and innovative research settings. For example, Vernier pressure and temperature sensors can be used with traditional gas law equipment. This will make it possible to increase the accuracy of measurements, make the research process faster and more efficient, preserve the visibility and practical component of the research, and expand the possibilities for data visualization and analysis. Both approaches to the study of isoprocesses in gases have their pros and cons. The combination of traditional and innovative tools can become a promising direction in the methodical provision of a school physics course.

Keywords: isoprocess, Boyle-Marriott law, equipment, pressure, volume, temperature, LabQuest Vernier.

Постановка та обґрунтування актуальності проблеми. Актуальність дослідження газових законів на уроках фізики обумовлена їх фундаментальним та практичним значенням. Фундаментальне значення полягає у тому, що газові закони є основою молекулярно-кінетичної теорії, що пояснює поведінку газів на макроскопічному рівні. Вивчення цих законів дає учням розуміння природи газів, їх властивостей та поведінки в різних умовах. Це знання є ключовим для розуміння багатьох явищ, що відбуваються в природі та техніці. Практичне значення полягає у тому, що газові закони мають широке практичне застосування в різних галузях науки і техніки. Їх використовують у хімії, біології, медицині, метеорології, машинобудуванні, енергетиці та інших сферах. Знання газових законів необхідне для роботи з газовими приладами, машинами та установками.

Вивчення газових законів сприяє розвитку наукового мислення учнів. Вони навчаються формулювати гіпотези, проводити досліди, аналізувати результати та робити висновки. Це знання допоможе їм у подальшому навчанні та професійній діяльності. Вивчення газових законів може бути інтегровано з іншими предметами, такими як математика, хімія та біологія. Це сприяє формуванню STEM-компетентностей учнів, які необхідні для успішного життя в сучасному світі. Використання сучасного обладнання та інтерактивних методів навчання може підвищити мотивацію учнів до вивчення фізики. Дослідження газових законів на уроках фізики є актуальним завданням, яке має велике значення для розвитку науки, техніки та освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зикова К. М., Шишкін Г. О. розробили методику побудови моделей при вивченні газових законів, що веде до формування міцних знань учнів.

Використання цифрового комплексу LabQuest-2 та сенсорів Vernier робить вивчення більш наочним. Динамічне моделювання залежностей, побудова та аналіз різних моделей дозволяють підвищити міцність та якість знань [3]. Краснобокий Ю., Смірнов О. пропонують ряд суттєвих удосконалень для традиційної установки для дослідження газових законів [4]. Демкова В.О., Мисліцька Н.А. розглядають можливості хмарних сервісів при вивченні газових законів та ізопроектів зокрема. На думку авторів, використання хмарних технологій та віртуальних симуляторів дає можливість наочно продемонструвати ті речі, які не можливо відтворити в умовах шкільної лабораторії, або для яких необхідне спеціалізоване лабораторне обладнання [2].

Мета статті. Огляд інноваційних підходів до вивчення газових законів, порівняння традиційних та інноваційних навчально-експериментальних методів дослідження закону Бойля-Маріотта на уроках фізики у школі.

Методи дослідження. Використовувалися наступні методи дослідження: теоретичні – аналіз науково-методичної літератури з проблеми дослідження; емпіричні – спостереження за навчально-виховним процесом у школі; відбір і підготовка експериментальних завдань та інструкцій щодо їх виконання, програмного забезпечення та його апробація у навчальному процесі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Традиційно вивчення газових законів здійснюється із використанням спеціального приладу, який складається з металевого гофрованого циліндра (сильфона) і з'єданого з ним гумовим шлангом демонстраційного манометра. Сильфон за допомогою гвинта можна розтягувати і стискати. При цьому об'єм повітря в сильфоні змінюється пропорційно до зміни висоти сильфона.

Залежність між об'ємом і тиском певної маси газу при сталій температурі (закон Бойля-Маріотта) демонструють так. Відкривають обидва крани мановакуумметра і з'єднують його із сильфоном гумовою трубкою. Обертаючи гвинт сильфона, встановлюють його кришку, наприклад на поділку 7. Пояснюють учням, що стан газу в сильфоні в даному випадку характеризується об'ємом 7 умовних одиниць і тиском 103 гПа. Закривають кран вільного патрубку і обертаючи гвинт, змінюють об'єм газу в сильфоні. Кожного разу із зміною об'єму на 0,5 умовних одиниць вимірюють тиск газу. Знайдені значення тиску і відповідні їм значення об'єму газу записують у таблицю. Перемножуючи відповідні значення об'ємів і тисків, переконуються, що добутки приблизно однакові. З досліду роблять висновок, що при сталій температурі добуток об'єму на тиск для певної маси газу є величиною сталою [1].

Недоліки цього методу вивчення залежності між об'ємом, тиском і температурою газу за допомогою приладу для вивчення газових законів обумовлені неідеальністю газів, що може призвести до похибки в результатах. При стисненні газу в сильфоні відбувається виділення тепла, а при розширенні – поглинання. Це може призвести до неізотермічного характеру процесу, що також впливає на точність результатів. Гумовий шланг і манометр мають певну інерцію, що може призвести до спотворення результатів при швидких змінах тиску. Похибка вимірювань об'єму, тиску і температури може вплинути на точність кінцевих результатів.

Теоретично, процес, який досліджується за допомогою даного приладу, не є ізотермічним, адже відбувається тепловіддача. При мінімізації тепловіддачі процес можна вважати приблизно ізотермічним. Для отримання більш точних результатів рекомендується використовувати дослідження за допомогою ізотермічної калориметричної установки.

Водночас розроблені цікаві інноваційні підходи до вивчення закону Бойля-Маріотта, які розглянемо далі. Перший метод надзвичайно простий у виконанні на традиційному обладнанні; другий спосіб також простий, але потребує обладнання LabQuest Vernier.

1 спосіб. Щоб перевірити закон Бойля-Маріотта, достатньо виміряти об'єм та тиск газу у двох станах при постійній температурі та перевірити справедливість рівності

$$p_1V_1 = p_2V_2.$$

Це можна зробити, використовуючи повітря при кімнатній температурі. Обладнання: скляна трубка, запаяна з одного кінця, довжиною 600 мм і діаметром 8-10 мм, циліндрична посудина довжиною 600 мм і діаметром 40-50 мм, барометр-анероїд, лінійка.

Методика досліду наступна. Коли скляна трубка знаходиться в повітрі, тиск повітря в ній p_1 дорівнює атмосферному, а об'єм повітря V_1 дорівнює об'єму трубки. Це перший стан повітря (Рис. 1, а). Потім скляна трубка відкритим кінцем донизу поміщається в циліндричну посудину з водою кімнатної температури на максимальну глибину, яку дозволяє довжина трубки і висота посудини. У цьому випадку тиск збільшується на величину тиску стовпа води і дорівнюватиме

$$p_2 = p_1 + \rho gh,$$

де $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння, h – відстань від рівня води у посудині до верхнього рівня води, що увійшла до трубки після її занурення в посудину.

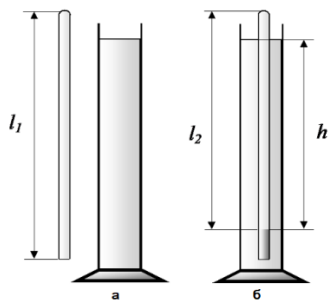


Рис. 1. Схема досліду

Об'єм повітря при цьому зменшується і стає рівним V_2 . Це другий стан повітря в трубці, причому за тієї ж температури (Рис. 1,б). Якщо перетин трубки S постійний по всій довжині, то об'єм повітря пропорційний довжині повітряного стовпа в трубці ($V_1 = Sl_1$; $V_2 = Sl_2$. Тому слід порівнювати добутки p_1l_1 і p_2l_2 . Висота повітряного стовпа вимірюється лінійкою, атмосферний тиск – барометром-анероїдом. Підготовка та проведення роботи, обробка результатів вимірів здійснюється у наступному порядку.

1. Підготуйте бланк звіту з таблицею для запису результатів вимірювань та обчислень (Таблиця 1).

2. Наповніть циліндричну посудину водою кімнатної температури.

3. Виміряйте довжину l_1 скляної трубки та атмосферний тиск p_1 . Якщо барометр проградуєований у міліметрах ртутного стовпа, переведіть тиск у паскалі, враховуючи, що 1 мм рт.ст. = 133 Па.

4. Переведіть повітря у трубці до другого стану так, як зазначено вище. Виміряйте довжину повітряного стовпа в трубці l_2 і різницю рівнів води в посудині та трубці h .

5. Обчисліть тиск p_2 та добутки p_1l_1 та p_2l_2 ; відносні (ε_1 і ε_2) та абсолютні (Δ_1 та Δ_2) похибки вимірювання за формулами

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta p_1}{p_1} + \frac{\Delta l}{l_1}, \Delta_1 = p_1 l_1 \cdot \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta p_2}{p_2} + \frac{\Delta l}{l_2}, \Delta_2 = p_2 l_2 \cdot \varepsilon_2;$$

$$\text{де } \Delta p_2 = \Delta p_1 + \rho g \cdot \Delta h.$$

7. Порівняйте добутки p_1l_1 і p_2l_2 , зробіть висновок про справедливість закону Бойля-Маріотта.

Таблиця 1

Виміряно						Обчислено							
l_1 , мм	l_2 , мм	h , мм	p_1 , мм рт.ст	Δl , мм	p_1 , Па	Δp_1 , Па	$p_1 l_1$, Па·м	ε_1 , %	Δ_1 , Па·м	p_2 , Па	$p_2 l_2$, Па·м	ε_2 , %	Δ_2 , Па·м

Для контролю (самоконтролю) учнів пропонуються запитання.

1. Добуток тиску повітря на об'єм у першому та другому станах виявляється неоднаковим. За якої умови це не суперечить твердженню щодо його сталості в ізотермічному процесі?

2. Вкажіть обставини, що погіршують результат експерименту, але які важко врахувати чи усунути під час виконання роботи.

2 спосіб. Використовується обладнання LabQuest Vernier. Повітря стискається у шприці, підключеному до датчика тиску газу Vernier (Рис. 2). Коли об'єм шприца змінюється шляхом переміщення поршня, відбувається зміна тиску газу. Ця зміна тиску буде відстежуватися за допомогою датчика тиску газу. Передбачається, що протягом експерименту температура буде постійною. Дані про тиск і об'єм будуть зібрані під час цього експерименту, а потім проаналізовані комп'ютером. За даними та графіком можна визначити, яка математична залежність існує між тиском і об'ємом газу.



Рис. 2. Схема досліду із застосування датчика тиску Vernier

Методика досліду. Підготуйте датчик тиску газу та. Підключіть датчик тиску газу до LabQuest і виберіть «Новий» у меню «Файл». Поршень шприца на 20 мл розташуйте на позначці 10,0 мл. Приєднайте шприц до клапана датчика тиску газу.

Налаштуйте режим збору даних на екрані: Режим – Події з записом. Оберіть Об'єм та одиниці вимірювання мл. Потрібно буде виправити показники об'єму повітря у шприці. Цей об'єм не є загальним об'ємом повітря, захопленого у вашій системі, оскільки всередині датчика тиску є трохи місця. Щоб врахувати додатковий об'єм у системі, вам потрібно буде додати 0,8 мл до показань вашого шприца. Наприклад, з об'ємом шприца 5,0 мл загальний об'єм становитиме 5,8 мл.

Провести експеримент і збирати дані про тиск і об'єм. Перемістіть поршень таким чином, щоб передній край внутрішнього чорного кільця (Рис. 2) знаходився на лінії 5,0 мл на шприці. Міцно утримуйте поршень у цьому положенні, доки значення тиску, що відображається на екрані, не стабілізується. Торкніться Зберегти та введіть 5,8 мл на екрані. Виберіть ОК, щоб зберегти цю пару даних тиску і об'єму.



Рис. 3. Графіки залежностей

Продовжуйте цю процедуру, використовуючи об'єм 10,0, 12,5, 15,0, 17,5 і 20,0 мл. Після завершення збору даних відобразиться графік залежності тиску від об'єму (Рис. 3, а). На основі графіка залежності тиску від об'єму можна встановити, який математичний зв'язок існує між цими двома змінними, прямий чи обернений. Щоб перевірити це, виберіть Підгонка кривої в меню Аналіз. Виберіть Power як рівняння Fit. Статистика підгонки кривої для цих двох стовпців даних відображається для рівняння у вигляді $y = Ax^B$, де x - об'єм, y - тиск, A - константа пропорційності, а B - експонента x (об'єму) у цьому рівнянні. Якщо ви правильно визначили математичне співвідношення, лінія регресії буде майже відповідати точкам на графіку (тобто проходити через нанесені точки або поблизу них) (Рис. 3, б).

Висновки та перспективи подальших розвідок наперед. Розглянуто методику вивчення ізопроесів у газах на уроках фізики на прикладі дослідження закону Бойля-Маріотта із застосуванням традиційних та інноваційних інструментів. Варто зазначити, що обидва підходи є актуальними і мають переваги і недоліки; існують можливості поєднання підходів шляхом використання окремих компонентів дослідних установок, наприклад, використання датчиків тиску і температури Vernier і традиційного обладнання для дослідження газових законів. Дослідження цього підходу вбачаємо перспективним у майбутніх розробках.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Войтків Г.В., Бойчук В.М. Методика та техніка шкільного фізичного експерименту. ДВНЗ Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника. 2019. 53 с.
2. Демкова В.О., Мисліцька Н.А. Вивчення ізопроесів з використанням віртуальних симуляторів. *Scientific notes of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University Section Theory and methods of teaching natural sciences*, 2021. №1. С. 49-59.
3. Зикова К. М., Шишкін Г. О. Формування предметної компетентності при вивченні газових законів з використанням ІКТ. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*. 2020. №26. С. 60-63.
4. Краснобокый Ю., Смірнов О. Удосконалення лабораторної установки для дослідження газових законів. *Наукові записки ЦДУ ім. В. Винниченка*, 2007. С.1-8

REFERENCES

1. Voitkiv, G.V., Boychuk, V.M. (2019) *Metodyka ta tekhnika shkilnoho fizychnoho eksperymentu*. [Methodology and technique of school physical experiment]. Vasyi Stefanyk Prykarpattia National University. [in Ukrainian].
2. Demkova, V.O., Myslytska, N.A. (2021) *Vyvchennia izoprotsesiv z vykorystanniam virtualnykh symulatoriv*. [Study of isoprocesses using virtual simulators]. *Scientific notes of Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University Section Theory and methods of teaching natural sciences*. [in Ukrainian].
3. Zykova, K.M., Shishkin, G.O. (2020) *Formuvannia predmetnoi kompetentnosti pry vyvchenni hazovykh zakoniv z vykorystanniam IKT*. [Formation of subject competence in the study of gas laws using IKT]. *Collection of scientific works of Kamianets-Podilskyi National University named after Ivan Ohienko*. [in Ukrainian].
4. Krasnoboky, Y., Smirnov, O. (2007) *Udoskonalennia laboratornoi ustanovky dla doslidzhennia hazovykh zakoniv* [Improvement of laboratory equipment for the study of gas laws]. *Scientific notes of the Central State University named after V. Vinnichenko*. [in Ukrainian].

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

РЯБКО Андрій Вікторович – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка.

Наукові інтереси: використання інформаційних технологій у процесі вивчення фізики.

КУХАРЧУК Роман Павлович – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри фізико-математичної освіти та інформатики Глухівського національного педагогічного університету ім. Олександра Довженка.

Наукові інтереси: використання інформаційних технологій у процесі вивчення фізики.

ХУДАН Максим Юрійович – вчитель фізики Глухівської загальноосвітньої школи №6.

Наукові інтереси: інноваційні методи вивчення фізики.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

RIABKO Andriy Viktorovich – PhD in Education, Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics Education and Informatics, Olexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University.

Scientific interests: the use of information technologies in the process of studying physics.

KUKHARCHUK Roman Pavlovych – PhD in Education, Associate Professor, Head of the Department of Physics and Mathematics Education and Informatics, Olexander Dovzhenko Glukhiv National Pedagogical University.

Scientific interests: the use of information technologies in the process of studying physics.

KHUDAN Maksym Yuriyovych – Physics teacher at Hlukhiv Secondary School №6.

Scientific interests: innovative methods of studying physics.

Стаття надійшла до редакції 12.02.2024 р.