

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка**  
**Фізико-математичний факультет**

**ISSN 2413-1571 (print)**  
**ISSN 2413-158X (online)**

**ФІЗИКО-  
МАТЕМАТИЧНА  
ОСВІТА**

**Науковий журнал**

**Том 39, № 4**

**Суми – 2024**

**Рекомендовано до видання вченою радою  
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка  
(протокол № 2 від 30.09.2024 р.)**

**Редакційна колегія**

М.П. Вовк	доктор педагогічних наук, старший науковий співробітник (Україна)
М.Гр. Воскоглу	доктор філософії, почесний професор математичних наук (Греція)
М.Г. Друшляк	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Р.А. Зіатдінов	доктор педагогічних наук, професор (Південна Корея)
А.П. Кудін	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
О.Ю. Кудріна	доктор економічних наук, професор (Україна)
О.О. Лаврентьєва	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
Т.Д. Лукашова	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
Т.Ю. Осипова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
М.В. Працьовитий	доктор фізико-математичних наук, професор (Україна)
Д.О. Сарфо	доктор педагогічних наук, професор (Гана)
О.В. Семеніхіна	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.М. Семеног	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
В.І. Статівка	доктор педагогічних наук, професор (Китай)
І.Я. Субботін	доктор фізико-математичних наук, професор (США)
О.С. Чашечникова	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
О.В. Школьнік	доктор педагогічних наук, професор (Україна)
А.М. Добровольська	доктор педагогічних наук, доцент (Україна)
О.О. Пипка	доктор фізико-математичних наук, доцент (Україна)
С.Д. Фатмар'янті	доктор фізичних наук, Університет Мухаммадії Пурворехо (Індонезія)
В.О. Швець	кандидат педагогічних наук, професор (Україна)
В.Г. Шамоля	кандидат фізико-математичних наук, доцент (Україна)

Ф45 Фізико-математична освіта : науковий журнал. Том 39, № 4. Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка, Фізико-математичний факультет ; редкол.: О.В. Семеніхіна (гол.ред.) [та ін.]. Суми : [СумДПУ ім. А.С. Макаренка], 2024. 50 с.

*Наказом МОН України №1412 від 18.12.2018 р. журнал «Фізико-математична освіта» затверджено як **фахове наукове видання категорії «Б»** у галузі педагогічних наук (13.00.02 – математика, фізика, інформатика; 13.00.10) і за спеціальностями 011, 014, 015.*

Журнал індексується наукометричною базою **Index Copernicus Journals Master List**

*Автори статей несуть відповідальність за достовірність наведеної інформації (точність наведених у статті даних, цитат, статистичних матеріалів тощо) та за порушення прав інтелектуальної власності інших осіб.*

*Висловлені авторами думки можуть не співпадати з точкою зору редакції.*

**УДК 53+51]:37(051)  
DOI: 10.31110/2413-1571**

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
Makarenko Sumy State Pedagogical University  
Physics and Mathematics Faculty**

**ISSN 2413-1571 (print)  
ISSN 2413-158X (online)**

# **PHYSICAL AND MATHEMATICAL EDUCATION**

**Scientific Journal**

**Vol. 39, No 4**

**Sumy – 2024**

**Recommended for publication of the Academic Council  
of Makarenko Sumy State Pedagogical University  
(protocol No 2 from 30.09.2024)**

**Editorial Board**

M.P. Vovk	Doctor of Pedagogical Sciences, Senior Research Fellow (Ukraine)
M.Gr. Voskoglou	Doctor of Philosophy, Professor Emeritus of Mathematical Sciences (Greece)
M.G. Drushlyak	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
R.A. Ziatdinov	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (South Korea)
A.P. Kudin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
O.Yu. Kudrina	Doctor of Economic Sciences, Professor (Ukraine)
O.O. Lavrentjeva	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
T.D. Lukashova	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
T.Yu. Osypova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
M.V. Pratsiovytyi	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (Ukraine)
J.O. Sarfo	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ghana)
O.V. Semenikhina	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.M. Semenog	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
V.I. Stativka	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (China)
I.Ya. Subbotin	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor (USA)
O.S. Chashechnykova	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
O.V. Shkolnyi	Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Ukraine)
A.M. Dobrovolska	Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Ukraine)
O.A. Pypka	Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor (Ukraine)
S.D. Fatmaryanti	Dr. of Physics Education, Universitas Muhammadiyah Purworejo (Indonesia)
V.O. Shvets	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Professor (Ukraine)
V.G. Shamonina	PhD (Physics and Mathematics Sciences), Associate Professor (Ukraine)

F 45 Physical and Mathematical Education : Scientific Journal. Vol. 39, No 4. Makarenko Sumy State Pedagogical University, Physics and Mathematics Faculty ; O.V. Semenikhina (chief editor). Sumy : [Makarenko Sumy State Pedagogical University], 2024. 50 p.

*The authors of the articles are responsible for the authenticity of the information (the accuracy of the presented information in the article, quotations, statistical materials, etc.) and for the violation of intellectual property rights of others.*

*Opinions expressed by the authors may not reflect the views of the editors.*

**UDC 53+51]:37(051)  
DOI: 10.31110/2413-1571**

## ЗМІСТ

Бурмістров О., Суховірська Л., Болілий В. ....	7
<b>КОНСТРУКТИВНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИКОАКУСТИЧНОГО МЕТОДУ</b>	
<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРОМАТИЧНИХ СПЛУК</b>	
<b>ТА ЇХ ФТОРОВАНІХ АНАЛОГІВ .....</b>	<b>7</b>
Буртовий Р. ....	14
<b>ДІАГНОСТИКА РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ</b>	
<b>МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ .....</b>	<b>14</b>
Ізюмченко Л., Ткачевська А. ....	20
<b>ТЕОРЕМА ВІЄТА: ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИЙ І КРАЄЗНАВЧИЙ АСПЕКТ.....</b>	<b>20</b>
Подласов С., Снарський А. ....	28
<b>ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ВІДНОШЕННЯ ТЕПЛОЕМНОСТЕЙ <math>C_p/C_v</math></b>	
<b>ДЛЯ ПОВІТРЯ .....</b>	<b>28</b>
Чкана Я., Мартиненко О. ....	33
<b>МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ В КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ</b>	
<b>У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРОЦЕДУР КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ.....</b>	<b>33</b>
Ящук К.....	40
<b>ОГЛЯД ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРО ІСТОРІЮ СТАНОВЛЕННЯ</b>	
<b>ТА РОЗВИТКУ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В УКРАЇНІ .....</b>	<b>40</b>
Деордіца Т., Вороніна М. ....	46
<b>РЕЦЕНЗІЯ НА КНИГУ: ЯК ПИСАТИ ДОБРЕ. КЛАСИЧНИЙ ПОСІБНИК</b>	
<b>ЗІ СТВОРЕННЯ НЕХУДОЖНІХ ТЕКСТІВ.....</b>	<b>46</b>

## CONTENTS

Burmistrov O., Sukhovirskaya L., Bolilyi V.....	7
CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE OPTIC-ACOUSTIC METHOD FOR RESEARCHING THE THERMODYNAMIC PROPERTIES OF AROMATIC COMPOUNDS AND THEIR FLUORINATED ANALOGUES .....	7
Burtovy R.....	14
DIAGNOSTICS OF THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE OFFICERS .....	14
Iziumchenko L., Tkachevska A. ....	20
VIETA'S THEOREM: MATHEMATICAL AND ETHNOMATHEMATICAL ASPECT .....	20
Podlasov S., Snarskii A. ....	28
HOME EXPERIMENT TO DETERMINE THE SPECIFIC HEATS $C_p/C_v$ RATIO FOR AIR.....	28
Chkana Ya., Martynenko O.....	33
MATHEMATICAL PROBLEMS IN THE CONTEXT OF THE CHALLENGE OF DEVELOPING CRITICAL THINKING PROCEDURES IN FUTURE MATHEMATICS TEACHERS .....	33
Yashchuk K. ....	40
OVERVIEW OF DISSERTATION RESEARCH ON THE HISTORY OF ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT METHODS OF TEACHING MATHEMATICS IN UKRAINE.....	40
Dieorditsa T., Voronina M. ....	46
BOOK REVIEW: ON WRITING WELL. THE CLASSIC GUIDE TO WRITING NONFICTION.....	46

## КОНСТРУКТИВНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОПТИКОАКУСТИЧНОГО МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ АРОМАТИЧНИХ СПОЛУК ТА ЇХ ФТОРОВАНІХ АНАЛОГІВ

**Олександр БУРМІСТРОВ**

Донецький національний медичний університет, Україна  
[burmistrov1937@gmail.com](mailto:burmistrov1937@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-8328-0091>

**Людмила СУХОВІРСЬКА** ✉

Донецький національний медичний університет, Україна  
[suhovirska2011@gmail.com](mailto:suhovirska2011@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-0353-9354>

**Василь БОЛІЛИЙ**

Центральноукраїнський державний педагогічний університет імені Володимира Винниченка, Україна  
[vasyl.bolilyj@gmail.com](mailto:vasyl.bolilyj@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0002-1923-1058>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Дослідження акустичних спектрів ароматичних сполук та їх фторованих аналогів, показує, що в цих рідинах спостерігається проста область акустичної дисперсії, яка обумовлена процесами коливної релаксації – передачі енергії поступального руху молекул коливним ступеням вільності і зворотно. Розбіжності в трактуванні молекулярних механізмів акустичної релаксації пояснюються тим, що до останнього часу були відсутні експериментальні дані про акустичні спектри ароматичних сполук та їх фторованих аналогів в широких інтервалах температур і частот.

**Матеріали і методи.** У дослідженні розглядається метод акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюена, удосконалений автоматизованою експериментальною установкою.

Для досягнення поставленої мети були використані такі методи дослідження: емпіричні (спостереження, порівняння), теоретичні (аналіз матеріалів, ідеалізація, уявний експеримент) та комп'ютерне моделювання.

**Результати.** Сучасні досягнення Мандельштам-Бріллюєнської спектроскопії дозволяють проводити надійні виміри швидкості і поглинання гіперзвукових хвиль в прозорих рідинах при різних температурах (включаючи навіть критичну), а також досліджувати спектри релеєвського розсіювання в рідких кристалах, металах, напівпровідниках. Вдосконалена експериментальна установка дозволила проводити вимірювання поглинання і швидкості звуку в більш широкому інтервалі температур і діапазоні частот (до 7,0 ГГц) в ряді ароматичних сполук та їх фторованих аналогів, з'ясувати молекулярні механізми, відповідальні за акустичну релаксацію.

**Висновки.** В даній роботі досліджено підхід до пояснення молекулярних механізмів релаксаційних процесів в рідких ароматичних сполуках та їх фторованих аналогах, який ґрунтується на врахуванні ролі слабких міжмолекулярних зв'язків. Сформувані основні позитивні особливості експериментальної установки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** акустичний спектр; ароматична сполука; спектроскопія Мандельштама-Бріллюена; оптична установка; експеримент.

Для цитування:	Бурмістров О., Суховірска Л., Болілий В. Конструктивні і технологічні аспекти реалізації оптикоакустичного методу дослідження термодинамічних властивостей ароматичних сполук та їх фторованих аналогів. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 7-13. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01</a>
	Бурмістров, О., Суховірска, Л., & Болілий, В. (2024). Конструктивні і технологічні аспекти реалізації оптикоакустичного методу дослідження термодинамічних властивостей ароматичних сполук та їх фторованих аналогів. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(4), 7-13. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01</a>
For citation:	Burmistrov, O., Sukhovirska, L., & Bolilyi, V. (2024). Constructive and technological aspects of the implementation of the optic-acoustic method for researching the thermodynamic properties of aromatic compounds and their fluorinated analogues. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 7-13. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4</a>
	Burmistrov, O., Sukhovirska, L., & Bolilyi, V. (2024). Konstruktivni i tekhnolohichni aspekty realizatsii optykoakustychnoho metodu doslidzhennia termodynamichnykh vlastyvostei aromatichnykh spoluk ta yikh ftorovanykh analogiv [Constructive and technological aspects of the implementation of the optic-acoustic method for researching the thermodynamic properties of aromatic compounds and their fluorinated analogues]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 7-13. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-01</a>

## CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL ASPECTS OF THE IMPLEMENTATION OF THE OPTIC-ACOUSTIC METHOD FOR RESEARCHING THE THERMODYNAMIC PROPERTIES OF AROMATIC COMPOUNDS AND THEIR FLUORINATED ANALOGUES

**Oleksandr BURMISTROV**

Donetsk National Medical University, Ukraine  
burmistrov1937@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-8328-0091>

**Liudmyla SUKHOVIRSKA** ✉

Donetsk National Medical University, Ukraine  
suhovirskaya2011@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0003-0353-9354>

**Vasyl BOLILYI**

Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State Pedagogical University, Ukraine  
vasyl.bolilyj@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1923-1058>

---

### ABSTRACT

---

**Formulation of the problem.** The study of acoustic spectra of aromatic compounds and their fluorinated analogs shows that a simple area of acoustic dispersion is observed in these liquids, which is due to the processes of vibrational relaxation – the transfer of the energy of translational motion of molecules to the vibrational degrees of freedom and vice versa. Differences in the interpretation of molecular mechanisms of acoustic relaxation are explained by the fact that, until recently, there was no experimental data on the acoustic spectra of aromatic compounds and their fluorinated analogs in wide ranges of temperatures and frequencies.

**Materials and methods.** The study examines the Mandelstam-Brillouin method of acoustic spectroscopy, improved by an automated experimental setup.

To achieve the goal, the following research methods were used: empirical (observation, comparison), theoretical (material analysis, idealization, imaginary experiment), and computer modeling.

**Results.** Modern advances in Mandelstam-Brillouin spectroscopy make it possible to reliably measure the velocity and absorption of hypersonic waves in transparent liquids at different temperatures (including even the critical ones), as well as to study the Rayleigh scattering spectra in liquid crystals, metals, and semiconductors. The improved experimental setup made it possible to measure the absorption and speed of sound in a wider temperature range and frequency range (up to 7.0 GHz) in a number of aromatic compounds and their fluorinated analogs, to clarify the molecular mechanisms responsible for acoustic relaxation.

**Conclusions.** This work investigates an approach to explaining the molecular mechanisms of relaxation processes in liquid aromatic compounds and their fluorinated analogs, which is based on taking into account the role of weak intermolecular bonds.

---

**KEYWORDS:** *acoustic spectrum; aromatic compound; Mandelstam-Brillouin spectroscopy; optical installation; experiment.*

---

---

### ВСТУП

---

**Постановка проблеми.** Ароматичні сполуки (арени) та їх фторовані аналоги володіють властивостями, необхідними в самих різних областях людської діяльності. Вони широко використовуються в техніці (виготовлення тротилу, фенолу, бензилхлориду, парфумерна і харчова промисловість, в фармакології і медицині, змащування, теплоносії, розчинники, різні тепло- і електроізоляційні матеріали, тощо). Ряд фторорганічних сполук володіють поверхнево-активними властивостями і в зв'язку з цим широко використовуються для гідрофотизації поверхонь, наприклад скла, кераміки та ін. За своїми властивостями вони суттєво відрізняються від вуглецевих аналогів. Широкі можливості практичного використання фторорганічних сполук вказують на необхідність пошуку різних методів всебічного дослідження їх фізичних і хімічних властивостей.

**Мета статті.** На основі удосконалення методу акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюена описати оригінальну автоматизовану експериментальну установку для дослідження ароматичних сполук та їх фторованих аналогів через вимірювання коефіцієнту поглинання і швидкості поширення звуку в діапазоні частот від 1,0 до 7,0 ГГц.

---

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

---

Для досягнення поставленої мети були використані такі методи дослідження:

- теоретичні – аналіз наукової літератури з проблеми акустичних спектрів ароматичних сполук та їх фторованих аналогів, метод акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюена;
- емпіричні – порівняння проведеного експерименту методом акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюена із аналізами результатів дослідження на вдосконаленій експериментальній установці;
- комп'ютерне моделювання результатів дослідження.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Одним із найважливіших типів взаємодії випромінювання з речовиною є процес розсіяння світла. Це явище виникає в результаті існування в реальних фізичних об'єктах певних неоднорідностей діелектричної або магнітної проникності і зв'язане з динамікою цих неоднорідностей, яка в свою чергу визначається рухом молекул досліджуваної системи. У випадку поляризованих спектрів релеєвського розсіяння фізичною причиною вказаних неоднорідностей є флуктуації густини, які спричиняють флуктуації показника заломлення світла.

Послідовний аналіз показує, що спектральна інтенсивність світла, розсіяного на флуктуаціях густини в рідині далеко від критичної точки, пропорційна просторово-часовому Фур'є-образу кореляційної функції густини  $S(\vec{k}, \omega)$ :

$$I(\vec{R}, \omega) = \frac{I_0 V \sin^2 \varphi \omega_0^4}{R^2 16 \pi^2 c^4} \left[ \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right]_T^2 S(\vec{k}_0, \omega), \tag{1}$$

де  $I_0$  – інтенсивність поляризованого падаючого світла;  $\vec{k}_0$  – хвильовий вектор;  $\omega$  – частота падаючого світла розсіяного в напрямку  $R$  під кутом  $\varphi$  до напрямку вектора падаючого світла;  $V$  – розсіюючий об'єм;  $\varepsilon, \rho$  – відповідно діелектрична проникність і густина середовища;  $c$  – швидкість поширення світла.

Із співвідношення (1) легко перейти до відомої формули Ейнштейна, яка зв'язує інтегральну інтенсивність розсіяного світла з термодинамічними параметрами досліджуваного зразка рідини:

$$I(R) = \frac{I_0 V \sin^2 \varphi \omega_0^4}{R^2 16 \pi^2 c^4} \left[ \frac{\partial \varepsilon}{\partial \rho} \right]_T^2 \rho^2 K_B T \beta_T, \tag{2}$$

де  $\beta_T$  – ізотермічна стисливість рідини,  $\beta_T = \frac{1}{\rho} \cdot \left( \frac{\partial \rho}{\partial P} \right)_T$ ;  $T$  – абсолютна температура;  $K_B$  – постійна Больцмана.

Щоб отримати акустичні характеристики досліджуваного зразка із спектру розсіяного світла, необхідно розрахувати  $S(\vec{k}, \omega)$  (Bialkowski, Astrath, Proskurnin, 2019; Picqué, Hänsch, 2019; Kargar, Balandin, 2021; Ballmann, Meng, Yakovlev, 2019). Розв'язуючи лінеаризовані рівняння гідродинаміки, Маунштейн отримав вираз для  $S(\vec{k}, \omega)$  в гідродинамічному наближенні:

$$S(\vec{k}, \omega) = \rho^2 K_B T \beta_T \left\{ \frac{c_P - c_\vartheta}{c_P} \frac{\frac{2\kappa K^2}{\rho \cdot c_P}}{\left[ \frac{\kappa K^2}{\rho c_P} \right]^2 + \omega^2} + \frac{c_\vartheta}{c_P} \left[ \frac{\Gamma K^2}{\Gamma K^2 + (\omega + cK)^2} - \frac{\Gamma K^2}{\Gamma K^2 + (\omega - cK)^2} \right] \right\}. \tag{3}$$

Перший член – незміщена компонента або релеєвська компонента, контур якої має вид функції Лоренца з напівшириною

$$\delta \omega_P = \frac{2\kappa K^2}{\rho \cdot c_P}, \tag{4}$$

де  $\kappa$  – коефіцієнт теплопровідності.

Два других члени описують відомий дублет, передбачений Мандельштамом і вперше виявлений Гроссом (Barone et al., 2021; Kargar & Balandin, 2021; Li et al., 2022; Ballmann et al., 2019).

Компоненти дублета зміщені відносно частоти  $\omega_0$  на величину  $\mp \Delta \omega$ , яка дорівнює частоті звуку,

$$\mp \Delta \omega = \mp \vartheta_\Gamma \cdot K, \tag{5}$$

де  $\vartheta_\Gamma = \sqrt{\left( \frac{\partial P}{\partial \rho} \right)_S}$  – адіабатична швидкість звуку (Besley, 2021; Ma et al., 2022).

Конттури зміщених компонент мають вид функції Лоренца, напівширина  $\omega_{MB}$  якої зв'язана з декрементом затухання звуку  $\Gamma$  співвідношенням:

$$\delta \omega_{MB} = 2\Gamma K^2, \tag{6}$$

де

$$\Gamma = \frac{1}{2\rho} \left[ \frac{4}{3} \eta_S + \eta_V + \kappa \left( \frac{1}{c_V} - \frac{1}{c_P} \right) \right]. \tag{7}$$

Із співвідношень (5) і (6) відповідно випливають формули для розрахунку швидкості поширення і амплітудного коефіцієнта поглинання звуку:

$$\vartheta_\Gamma = \frac{c_0}{2n} \cdot \frac{\Delta \omega_{MB}}{\omega_0} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} = \frac{c_0}{n} \cdot \frac{\Delta \vartheta_{MB}}{\vartheta_0} \cdot \frac{1}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}, \tag{8}$$

$$\alpha = \frac{\delta \omega_{MB}}{2\vartheta_\Gamma} = \frac{\pi c_0}{\vartheta_\Gamma} \cdot \Delta \vartheta_{MB}, \tag{9}$$

де  $c_0$  – швидкість поширення світла у вакуумі;  $n$  – показник заломлення світла в дослідному зразку;  $\theta$  – кут розсіяння;  $\Delta \omega_{MB}$  і  $\delta \omega_{MB}$  – відповідно зміщення і напівширина компонент Мандельштама-Бриллюена;  $\omega_0$  – циклічна частота випромінювання лазера.

Величина спектрального зміщення дублету Мандельштама-Бриллюена в рідинах  $\approx 0,1 \text{ см}^{-1}$ , що відповідає частоті звукової хвилі  $\approx 3 \text{ ГГц}$ . Таким чином, вимірювання зміщення і напівширин зміщених компонент дозволяє згідно співвідношень (8) і (9) визначити швидкість звуку і коефіцієнт поглинання в гіперзвуковому діапазоні частот, поки ще не доступно для вимірювання прямим і імпульсним акустичними методами (Picqué & Hänsch, 2019; Ciucci, 2019).

Єдине обмеження умови:  $\delta \omega_P$  і  $\delta \omega_{MB} \ll \Delta \omega$ , при яких отримані формули (8) та (9) (Mukamel et al., 2020; Pureza et al., 2020).

Зауважимо, що експериментальне визначення величини зміщення напівширин бокових компонент пов'язане із значними труднощами. Це пояснюється малим розщепленням спектральної лінії і малою інтенсивністю розсіяного випромінювання в порівнянні з падаючим (Wildi et al., 2020; Ma et al., 2022).

Сучасні досягнення Мандельштам-Бріллюєнської спектроскопії дозволяють проводити надійні виміри швидкості і поглинання гіперзвукових хвиль в прозорих рідинах при різних температурах (включаючи навіть критичну), а також досліджувати спектри релеєвського розсіяння в рідких кристалах, металах, напівпровідниках. Принципіальна схема відомих із літератури установок для дослідження спектрів Мандельштама-Бріллюєна в рідинах однакова. Відмінність між ними полягає в реєструючій частині. В літературі (Bialkowski et al., 2019; Piergrossi et al., 2019; Barone et al., 2021; Picqué & Hänsch, 2019; Maiuri et al., 2019; Ciucci, 2019; Mukamel et al., 2020; Pupeza et al., 2020; Besley, 2021) описані різні експериментальні установки для отримання і дослідження спектрів Мандельштама-Бріллюєна в рідинах, але вони мають, на нашу думку, деякі недоліки:

а) відсутність можливості проводити багатокутові вимірювання, що обмежує частотний діапазон досліджень, а в результаті як наслідок – не дозволяє вивчати такі фундаментальні характеристики речовин як розміри, форму частинок, прослідкувати утворення більш складних структур (великих молекул, кластерів і т.п.);

б) сканування тиском, яке реалізується на принципі зміни показника заломлення робочої рідини інтерферометра Фабрі-Перо, розміщеного в барокамері, що позбавляє можливості проводити виміри при слабких сигналах і потребує довготривалого накопичення;

в) відсутність контролю інтенсивності збуджуючих джерел випромінювання, що також ускладнює реєстрацію слабких спектрів;

г) вузький температурний інтервал вимірювань та ін.

Для дослідження ароматичних сполук та їх фторованих аналогів, вимірюючи коефіцієнт поглинання і швидкість поширення звуку в діапазоні частот від 1,0 до 7,0 ГГц, під час лабораторних занять, студенти Донецького національного медичного університету, використовували метод акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюєна, суттєво удосконаливши його.

Оптична установка, яка нами досліджується, оригінальна і позбавлена вказаних вище недоліків, її блок-схема представлена на рис.1.

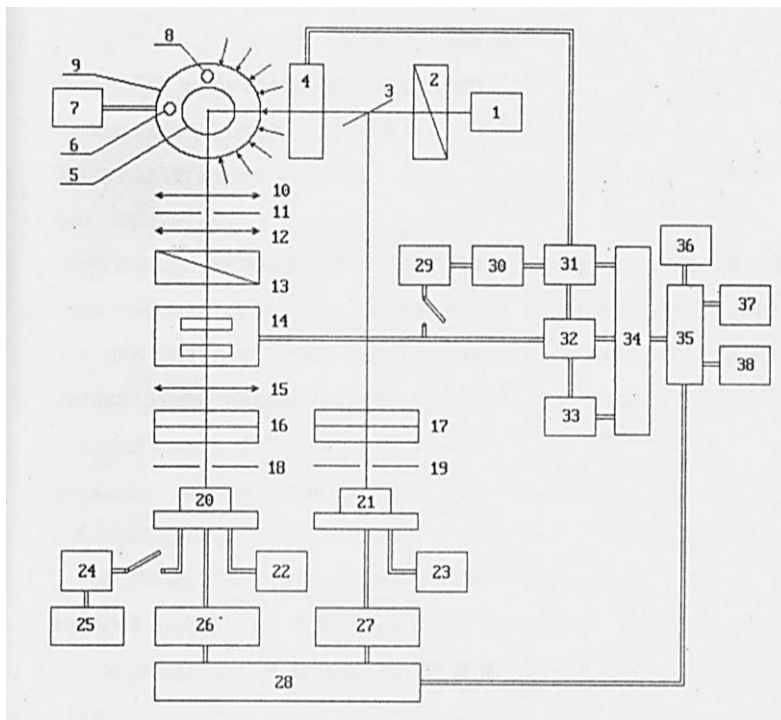


Рис. 1. Блок-схема оптичного спектрометра Мандельштама-Бріллюєна

Джерело: авторська розробка.

Вертикально поляризоване випромінювання лазера (1) після призми Глана (2) з допомогою світлороздільної пластинки (3) розділяється на два канали: опорний, для врахування можливої нестабільності випромінювання лазера, який поступає в фотоелектронний помножувач ФЕП-79-21 і далі в блок опорного сигналу, і вимірвальний – в ФЕП-79-20 і далі в блок вимірвального сигналу.

Блок реєстрації опорного сигналу включає в себе світлороздільну пластинку (3) і блок ФЕП-79-21. Останній складається із кожуха спеціальної конструкції, всередині якого розміщено ФЕП-79. На вхідному вікні кожуха ФЕП-79 прикріплено тримач реєструємої діафрагми (19) і нейтральних світлофільтрів (17). На задній кришці кожуха ФЕП-79 встановлено два роз'єми типу CP50-73 Ф. Один – для підключення високовольтного блоку БНВ 30 – 01 33, другий – для підключення виносного підсилювача – який формує імпульси (27).

Фотоприймач ФЕП-79-21 перетворює оптичне неперервне випромінювання лазера в електричні імпульси, які через підсилювач-формував (27) поступають в частотомір 50–41 28, який працює в режимі підрахунку фотонів, де порівнюється з поступаючими туди ж імпульсами з блоку реєстрації каналу сигналу.

Оптико-спектральний блок складається із вхідної лінзи (10), польової діафрагми (11), вхідного об'єктива (12), призми Глана (13), скануючого інтерферометра (14) і вихідного об'єктива (15).

Всі оптичні елементи цього блоку розраховані і виготовлені таким чином, щоб в фокальній площині вихідного об'єктива (15) створювалось збільшене зображення польової діафрагми (11).

Із випромінювання, розсіяного досліджуванним зразком, яке пройшло польову діафрагму (11), з допомогою вхідного об'єктива «Таір-33» (12) формується паралельний пучок, в якому повинен працювати інтерферометр Фабрі-Перо.

З метою вибору оптимальних умов освітлення інтерферометра вхідний об'єктив (12) закріплений в юстировочному тримачі, з допомогою якого можна плавно переміщувати об'єктив у взаємно перпендикулярних напрямках.

Щоб зберегти бажану поляризацію досліджуваного променя між вхідним об'єктивом (12) і інтерферометром (14) в спеціальному утримувачі з лімбовими поділками можна встановлювати поляризаційну призму Глана (13). Тримач дозволяє переміщувати призму Глана в площині, перпендикулярній оптичній вісі системи.

Центральний вузол блоку – скануючий інтерферометр Фабрі-Перо (14) оригінальної конструкції, змонтований на сталій основі, до якої кріпляться тримачі дзеркал. Одне із дзеркал закріплене в оправі жорстко, друге – приклеєне на полий циліндр із п'єзокераміки ЦТС-19, яка в свою чергу також приклеєна до тримача.

Внутрішня і зовнішня поверхні п'єзокерамічного циліндру металізовані і створюють циліндричний конденсатор, до виводів якого подається пилкоподібна напруга 0 – 300 В і частотою 100 Гц, яка генерується генератором пилкоподібної напруги ГПНВ (29). П'єзокерамічний циліндр дозволяє періодично змінювати базу інтерферометра на величину порядку довжини хвилі і забезпечувати його настройку на різні моди лазера.

Дзеркала інтерферометра мають багат шарове інтерференційне покриття з коефіцієнтом відбиття  $\rho \approx 0,95-0,96$  в області довжин хвиль світла  $\lambda = 560-800$  нм. Якість обробки поверхні дзеркал  $\approx \frac{1}{100}$ . Апертура – 20 мм.

Обертанням накатаної гайки, яка забезпечує поступальний рух вздовж оптичної вісі одного із дзеркал, можна вручну плавно, в межах від 0,2 см до 2,0 см, змінювати базу  $t$  інтерферометра без його суттєвої розюстировки.

З метою ступінчатої зміни бази інтерферометра виготовлено 7 еталонів для значень бази  $t$ : 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4. Точність фіксування певного значення бази не перевищує 25 мкм.

Дослідження інтерферометра показали, що при подачі на п'єзокерамічний елемент пилкоподібної напруги від 0 до 200 В забезпечується сканування по спектру в діапазоні (8) інтерференційних порядків. Дослідження проводились із одномодовим одночастотним лазером, генеруючим довжину хвилі  $\lambda = 0,63$  мкм.

Для контролю юстировки подається одночасно на вхідний об'єктив інтерферометра (12) – випромінювання лазера, на виводи п'єзокераміки рухомого дзеркала інтерферометра – пилкоподібна напруга. З виходу вимірювального ФЕП-79 (21) через аналоговий підсилювач УПТ (22) на екрані ЕО (25) реєструється сигнал, відповідний модовій структурі отриманого на екрані лазерного випромінювання. Процес оптимізації юстировки (лінійність сканування) заключається в досягненні однакової інтенсивності всіх порядків інтерференції сигналу, отриманого на екрані ЕО (25).

Установка інтерферометра в горизонтальній площині (горизонтування) здійснюється за допомогою чотирьох вітових ніжок, вгвинчених в основу. Юстировка забезпечується двома мікрометричними гвинтами, закріпленими на тримачі рухомого дзеркала. Критерій юстировки – за візуальним спостереженням інтерференційних кілець – відсутність «дихання» кілець при зміщенні очей перпендикулярно оптичній вісі.

## ОБГОВОРЕННЯ

Проаналізувавши будову удосконаленої нами оригінальної автоматизованої експериментальної установки, виділили основні позитивні особливості:

- наявність для досліджуваного зразка кювети і оптичного термостата спеціальної конструкції дозволяє здійснювати виміри під різними кутами;
- спеціальний блок керування кутом повороту падаючого променя дозволяє автоматично вибирати кут спостереження спектрів розсіяння;
- застосування в якості селектуючого пристрою скануючого інтерферометра Фабрі-Перо дозволяє виділяти вузькі ділянки спектрів (розширення  $\cong 0,002$  см<sup>-1</sup>);
- система реєстрації спектрів працює в режимі рахування фотонів;
- присутність опорного каналу дозволяє уникати впливу нестабільності роботи лазера на процес реєстрації спектрів, що значно підвищує їх якість;
- управління установкою, реєстрація і обробка спектрів здійснюється автоматично і оперативно контролюється на екрані дисплея;
- використання графопобудовників або графічних дисплеїв дозволяє візуалізувати спектри, динаміку зміни, вираховувати характерні параметри.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

В даній роботі ми представили презентацію удосконаленої нами оригінальної автоматизованої експериментальної установки.

Удосконалена установка дозволила нам дослідити ароматичні сполуки та їх фторовані аналоги за допомогою методу акустичної спектроскопії Мандельштама-Бріллюена для вимірювання коефіцієнту поглинання і швидкості поширення звуку в діапазоні частот від 1,0 до 7,0 ГГц.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bialkowski, S.E., Astrath, N. G.C., & Proskurnin, M. A. (2019). *Photothermal spectroscopy methods*. John Wiley & Sons.
2. Piergrossi, V., Fasolato, C., Capitani, F., Monteleone, G., Postorino, P., & Gislon, P. (2019). Application of Raman spectroscopy in chemical investigation of impregnated activated carbon spent in hydrogen sulfide removal process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1227-1238.
3. Barone, V., Alessandrini, S., Biczysko, M., Cheeseman, J. R., Clary, D. C., McCoy, A. B., ... & Puzzarini, C. (2021). Computational molecular spectroscopy. *Nature Reviews Methods Primers*, 1(1), 1-27.
4. Picqué, N., & Hänsch, T. W. (2019). Frequency comb spectroscopy. *Nature Photonics*, 13(3), 146-157.
5. Maiuri, M., Garavelli, M., & Cerullo, G. (2019). Ultrafast spectroscopy: state of the art and open challenges. *Journal of the American Chemical Society*, 142(1), 3-15.
6. Ciucci, F. (2019). Modeling electrochemical impedance spectroscopy. *Current Opinion in Electrochemistry*, 13, 132-139.
7. Mukamel, S., Freyberger, M., Schleich, W., Bellini, M., Zavatta, A., Leuchs, G., ... & Laussy, F. (2020). Roadmap on quantum light spectroscopy. *Journal of physics B: Atomic, molecular and optical physics*, 53(7), 072002.
8. Pupeza, I., Huber, M., Trubetskov, M., Schweinberger, W., Hussain, S. A., Hofer, C., ... & Krausz, F. (2020). Field-resolved infrared spectroscopy of biological systems. *Nature*, 577(7788), 52-59.
9. Besley, N. A. (2021). Modeling of the spectroscopy of core electrons with density functional theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 11(6), e1527.
10. Blanco-Cuaresma, S. (2019). Modern stellar spectroscopy caveats. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 486(2), 2075-2101.
11. Chide, B., Maurice, S., Murdoch, N., Lasue, J., Bousquet, B., Jacob, X., ... & Wiens, R. C. (2019). Listening to laser sparks: a link between Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, acoustic measurements and crater morphology. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 153, 50-60.
12. Wildi, T., Voumard, T., Brasch, V., Yilmaz, G., & Herr, T. (2020). Photo-acoustic dual-frequency comb spectroscopy. *Nature communications*, 11(1), 1-6.
13. Ma, Y., Hong, Y., Qiao, S., Lang, Z., & Liu, X. (2022). H-shaped acoustic micro-resonator-based quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy. *Optics Letters*, 47(3), 601-604.
14. Lee, I. H., Yoo, D., Avouris, P., Low, T., & Oh, S. H. (2019). Graphene acoustic plasmon resonator for ultrasensitive infrared spectroscopy. *Nature nanotechnology*, 14(4), 313-319.
15. Mohebbifar, M. R. (2020). The laser power effect on the performance of gas leak detector based on laser photo-acoustic spectroscopy. *Sensors and Actuators A: Physical*, 305, 111914.
16. Pham, M. T., Darst, J. J., Finegan, D. P., Robinson, J. B., Heenan, T. M., Kok, M. D., ... & Shearing, P. R. (2020). Correlative acoustic time-of-flight spectroscopy and X-ray imaging to investigate gas-induced delamination in lithium-ion pouch cells during thermal runaway. *Journal of Power Sources*, 470, 228039.
17. Kargar, F., & Balandin, A. A. (2021). Advances in Brillouin–Mandelstam light-scattering spectroscopy. *Nature Photonics*, 15(10), 720-731.
18. Li, T., Li, F., Liu, X., Yakovlev, V. V., & Agarwal, G. S. (2022). Quantum-enhanced stimulated Brillouin scattering spectroscopy and imaging. *Optica*, 9(8), 959-964.
19. Ballmann, C. W., Meng, Z., & Yakovlev, V. V. (2019). Nonlinear Brillouin spectroscopy: what makes it a better tool for biological viscoelastic measurements. *Biomedical Optics Express*, 10(4), 1750-1759.
20. Kargar, F., & Balandin, A. A. (2020). Brillouin-Mandelstam Light Scattering Spectroscopy: Applications in Phononics and Spintronics. *arXiv preprint arXiv:2011.08352*.
21. Kuang, S. Q., Dai, L. Y., Kang, X. W., & Yao, D. L. (2020). Pole analysis on the hadron spectroscopy of  $\Lambda_b \rightarrow J/\psi p K^-$ . *The European Physical Journal C*, 80(5), 1-11.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bialkowski, S.E., Astrath, N. G.C., & Proskurnin, M. A. (2019). *Photothermal spectroscopy methods*. John Wiley & Sons.
2. Piergrossi, V., Fasolato, C., Capitani, F., Monteleone, G., Postorino, P., & Gislon, P. (2019). Application of Raman spectroscopy in chemical investigation of impregnated activated carbon spent in hydrogen sulfide removal process. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1227-1238.
3. Barone, V., Alessandrini, S., Biczysko, M., Cheeseman, J. R., Clary, D. C., McCoy, A. B., ... & Puzzarini, C. (2021). Computational molecular spectroscopy. *Nature Reviews Methods Primers*, 1(1), 1-27.
4. Picqué, N., & Hänsch, T. W. (2019). Frequency comb spectroscopy. *Nature Photonics*, 13(3), 146-157.
5. Maiuri, M., Garavelli, M., & Cerullo, G. (2019). Ultrafast spectroscopy: state of the art and open challenges. *Journal of the American Chemical Society*, 142(1), 3-15.
6. Ciucci, F. (2019). Modeling electrochemical impedance spectroscopy. *Current Opinion in Electrochemistry*, 13, 132-139.
7. Mukamel, S., Freyberger, M., Schleich, W., Bellini, M., Zavatta, A., Leuchs, G., ... & Laussy, F. (2020). Roadmap on quantum light spectroscopy. *Journal of physics B: Atomic, molecular and optical physics*, 53(7), 072002.
8. Pupeza, I., Huber, M., Trubetskov, M., Schweinberger, W., Hussain, S. A., Hofer, C., ... & Krausz, F. (2020). Field-resolved infrared spectroscopy of biological systems. *Nature*, 577(7788), 52-59.
9. Besley, N. A. (2021). Modeling of the spectroscopy of core electrons with density functional theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science*, 11(6), e1527.
10. Blanco-Cuaresma, S. (2019). Modern stellar spectroscopy caveats. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 486(2), 2075-2101.
11. Chide, B., Maurice, S., Murdoch, N., Lasue, J., Bousquet, B., Jacob, X., ... & Wiens, R. C. (2019). Listening to laser sparks: a link between Laser-Induced Breakdown Spectroscopy, acoustic measurements and crater morphology. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 153, 50-60.
12. Wildi, T., Voumard, T., Brasch, V., Yilmaz, G., & Herr, T. (2020). Photo-acoustic dual-frequency comb spectroscopy. *Nature communications*, 11(1), 1-6.
13. Ma, Y., Hong, Y., Qiao, S., Lang, Z., & Liu, X. (2022). H-shaped acoustic micro-resonator-based quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy. *Optics Letters*, 47(3), 601-604.
14. Lee, I. H., Yoo, D., Avouris, P., Low, T., & Oh, S. H. (2019). Graphene acoustic plasmon resonator for ultrasensitive infrared spectroscopy. *Nature nanotechnology*, 14(4), 313-319.
15. Mohebbifar, M. R. (2020). The laser power effect on the performance of gas leak detector based on laser photo-acoustic spectroscopy. *Sensors and Actuators A: Physical*, 305, 111914.

16. Pham, M. T., Darst, J. J., Finegan, D. P., Robinson, J. B., Heenan, T. M., Kok, M. D., ... & Shearing, P. R. (2020). Correlative acoustic time-of-flight spectroscopy and X-ray imaging to investigate gas-induced delamination in lithium-ion pouch cells during thermal runaway. *Journal of Power Sources*, 470, 228039.
17. Kargar, F., & Balandin, A. A. (2021). Advances in Brillouin–Mandelstam light-scattering spectroscopy. *Nature Photonics*, 15(10), 720-731.
18. Li, T., Li, F., Liu, X., Yakovlev, V. V., & Agarwal, G. S. (2022). Quantum-enhanced stimulated Brillouin scattering spectroscopy and imaging. *Optica*, 9(8), 959-964.
19. Ballmann, C. W., Meng, Z., & Yakovlev, V. V. (2019). Nonlinear Brillouin spectroscopy: what makes it a better tool for biological viscoelastic measurements. *Biomedical Optics Express*, 10(4), 1750-1759.
20. Kargar, F., & Balandin, A. A. (2020). Brillouin-Mandelstam Light Scattering Spectroscopy: Applications in Phononics and Spintronics. *arXiv preprint arXiv:2011.08352*.
21. Kuang, S. Q., Dai, L. Y., Kang, X. W., & Yao, D. L. (2020). Pole analysis on the hadron spectroscopy of  $\Lambda b \rightarrow J/\Psi p K^-$ . *The European Physical Journal C*, 80(5), 1-11.

Матеріал надійшов до редакції 20.05.2024р.



## DIAGNOSTICS OF THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND DIGITAL COMPETENCE OF FUTURE OFFICERS

Roman BURTOVY ✉

Makarenko Sumy State Pedagogical University, Ukraine  
platon19770329@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1642-0515>

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Today the problem of developing information and digital competence (IDC) of future officers in the context of non-formal education and the problem of designing a diagnostic apparatus to measure such development is relevant. The paper aims to develop a diagnostic apparatus (criteria and indicators) to measure the development of information and digital competence of future officers

**Methods.** To achieve this goal, we used the analysis and generalization of scientific sources, structural and logical analysis to identify and substantiate the indicators of the development of the IDC of future officers, as well as content analysis and comparative analysis to characterize the levels of development of the IDC of future officers.

**Results.** To assess the levels of development of the IDC of future officers, the criteria (motivational and value, cognitive and activity) and the relevant indicators (the presence of motives, value attitudes for self-development, knowledge about IT & DT in general and in the industry, the ability to use DT and IT to solve professional problems) have been determined. The qualitative assessment of the indicators made it possible to characterize the levels of development of future officers' IDC. Each level (low, medium, and high) reflects a different degree of IDC development, and, accordingly, a different degree of development of motives, knowledge, and skills to use IT and DT in professional activities. A low level may be sufficient for basic tasks, but medium and high levels are critical for managing complex operations and adapting to the performance of professional duties.

**Conclusions.** This diagnostic apparatus has been developed, and levels of development of future officers' information and digital competence have determined the ability to use modern technologies to perform official duties effectively. With the help of the diagnostic apparatus, it becomes possible to test the effectiveness of pedagogical models of future officers' IDC development.

**KEYWORDS:** *information and digital competence; development of the IDC; future officers; diagnostic apparatus; profession activity; education.*

## ДІАГНОСТИКА РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ

Роман БУРТОВИЙ ✉

Сумський державний педагогічний університеті мені А.С. Макаренка, Україна  
platon19770329@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1642-0515>

### АНОТАЦІЯ

**Постановка проблеми.** На сьогодні актуальною є проблема розвитку інформаційно-цифрової компетентності (ІЦК) майбутніх офіцерів в умовах неформальної освіти та проблема розробки діагностичного апарату для вимірювання такого розвитку. Мета статті – розробити діагностичний апарат (критерії та показники) для вимірювання рівня розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх офіцерів.

Для цитування:	Burtovy R. Diagnostics of the development of information and digital competence of future officers. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 14-19. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02</a>
	Burtovy, R. (2024). Diagnostics of the development of information and digital competence of future officers. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(4), 14-19. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02</a>
For citation:	Burtovy, R. (2024). Diagnostics of the development of information and digital competence of future officers. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 14-19. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02</a>
	Burtovy, R. (2024). Diagnostics of the development of information and digital competence of future officers. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 14-19. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-02</a>

**Методи.** Для досягнення поставленої мети використано аналіз та узагальнення наукових джерел, структурно-логічний аналіз для визначення та обґрунтування показників сформованості ІЦК майбутніх офіцерів, а також контент-аналіз та порівняльний аналіз для характеристики рівнів сформованості ІЦК майбутніх офіцерів.

**Результати.** Для оцінки рівнів сформованості ІЦК майбутніх офіцерів визначено критерії (мотиваційно-ціннісний, пізнавальний, діяльнісний) та відповідні показники (наявність мотивів, ціннісного ставлення до саморозвитку, знань про ІТ та ЦТ загалом і в галузі, вміння використовувати ЦТ та ІТ для вирішення професійних завдань). Критерії та показники дали підґрунтя для якісної характеристики рівнів розвитку ІЦК майбутніх офіцерів. На кожному рівні дано відповідну характеристику ступеня розвитку ІЦК, і, відповідно, ступеня сформованості/ розвитку мотивів, ціннісних орієнтацій знань та вмінь використовувати ІТ та ЦТ у професійній діяльності. Низький рівень може бути достатнім для виконання базових завдань, але середній та високий рівні є важливими для управління складними операціями та адаптації до виконання професійних обов'язків.

**Висновки.** Розроблений діагностичний апарат, а також рівні розвитку інформаційно-цифрової компетентності майбутніх офіцерів разом уможливають оцінку здатності ефективно використовувати сучасні технології для виконання професійної діяльності. За допомогою діагностичного апарату стає можливою перевірка ефективності педагогічних моделей розвитку ІЦК майбутніх офіцерів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** інформаційно-цифрова компетентність; розвиток ІЦК; майбутні морські офіцери; діагностичний апарат; професійна діяльність; освіта.

## INTRODUCTION

**Statement of the problem.** Traditional approaches to teaching tend to prioritize theoretical knowledge over practical application, potentially leading to a gap between what is taught and the realities of practice. In addition, traditional training may not fully consider the rapid development of technology, leaving students poorly prepared to use new information systems already used in their professional activities. Therefore, there is a need for strategic revision of models for training specialists and the development of a diagnostic apparatus to measure their effectiveness. In particular, today the problem of developing information and digital competence (IDC) of future officers in the context of non-formal education and the problem of designing a diagnostic apparatus to measure such development is relevant.

**Analysis of current research.** The analysis of scientific and pedagogical research shows that the diagnostic apparatus consists of criteria and indicators that allow one to qualitatively and quantitatively characterize the quality levels of the subject of study.

The Encyclopedia of Education for the criterion states "a set of features based on which an assessment of the conditions, process, and result of educational activities corresponding to the set goals is compiled" (Encyclopedia of Education, 2008). In the system of international standards ISO, as indicated (Annenkova, 2011). The definition of the criterion is given as "a measure of reflection of the integrity of the properties of an object, which ensures its existence; methodological tools for education quality management; an ideal sample reflecting the highest, perfect level of the phenomenon under study; a means of selecting or measuring alternatives. An indicator is a specific criterion measure, making it available for observation, accounting, and fixation." Among the requirements for the criteria are objectivity (the ability to assess the features of the object of study), validity (evaluate exactly what the researcher wants to evaluate), neutrality (evaluate only qualities without additional accents), and consistency (cover all important characteristics). In other words, they must assess the features and be neutral to the phenomenon under study, and the set of criteria must cover all essential characteristics.

The problem of choosing criteria is not simple, since it is associated, as noted by Golovan M. S., Yatsenko V. V., "with the non-classicality of any pedagogical phenomenon as an object of research and with the objective imperfection of criterion approaches due to their nature and complexity of creating appropriate evaluation scales" (Golovan & Yatsenko, 2012). According to the analysis of scientific publications (Rudenko et al., 2023a; Rudenko et al., 2023b; Mulesa et al., 2023; Hrona et al., 2024) the set of criteria is not a constant value and may vary according to the field, the purpose and content of the study, and the quality studied. Thus, the study (Torichnyi, 2012) identified two criteria (personal-functional and activity-practical) that characterize the formation of military-special competence of future officers. O. Yevsyukov, based on the results of the study "the structure of professional competence of officers, the need-motivational, operational-activity criteria and the criterion "I-concept" of the formation of this type of competence are distinguished" (Yevsyukov, 2006). In measuring the formation of socio-cultural competence of cadets, N. Moroz singled out five criteria: "motivational, criterion of success, criterion of cognitive activity, country studies and professional" (Moroz, 2007).

The indicator is the characteristic of the criterion that makes it possible to quantify it. If the criteria are considered as the basis for assessing the formation of quality, indicators (indicators) are understood as qualitative and quantitative characteristics of the formation of this quality (degree of formation/development). S. Reshetnyk sees the main characteristics of the "indicator" as specificity and diagnostics (Reshetnik, 2013).

Generalization of the results of scientific research shows that the development of a diagnostic apparatus is an important stage of the study, and therefore, tracking the existing developments, we established the absence of such an apparatus for tracking the development of the IDC of future officers.

**The paper aims** to develop a diagnostic apparatus (criteria and indicators) to measure the development of information and digital competence of future officers.

## MATERIALS AND METHODS

To achieve this goal, we used the analysis and generalization of scientific sources, structural and logical analysis to identify and substantiate the indicators of the development of the IDC of future officers, as well as content analysis and comparative analysis to characterize the levels of development of the IDC of future officers.

---

**RESULTS AND DISCUSSION**

---

Taking into account the approaches to determining the criteria available in academic research, we will substantiate the criteria for the development of the IDC of future officers by the refined interpretation of this quality and remembering that the criteria should be objective, include all essential quality characteristics and measure what is necessary for the study. In other words, the *criteria for developing the IDC of future officers will be understood as a set of characteristics that reflect the specifics of their professional activities in IT&DT, ensuring the solution of their professional tasks*. We have shown that "IDC is an integral socially significant characteristic of a person that combines values and aspirations for professional development in the field of DT application in the industry, IT knowledge (about information and information processes, methods of its processing to solve professional problems in the industry), basic and special skills (to process information in various forms of its receipt, the ability to apply general-purpose digital technologies and specialized software providing professional direction in the industry), which in their totality make it possible to effectively solve the professional tasks of an officer under uncertain initial conditions)" (Semenog et al., 2022). Based on the structural and logical analysis of the concepts of the IDC of various specialists and the interpretation of the "IDC of the future officer" provided, we identified the components of this category: personal, knowledge, and procedure. Considering this structure, the criteria for developing the IDC are motivational-value, cognitive, and activity. Let's dwell on them in more detail.

To characterize the personal component of the IDC of future officers, it is necessary to consider their interest in such development, and the presence of motivation to master knowledge and skills in using IT&DT in professional activities. This involves work aimed at forming a motivational basis for the use of IT, awareness of the role and importance of IT in professional activities, cognitive interest and personal needs for the development of the IDC, a valuable attitude to information, and understanding the importance of self-development in this area.

As L. Maslak notes, "the professional orientation of a future serviceman, among other things, includes motives and value orientations. ... Motives are the motivation of the future officer to professional activity, associated with the attempt to fulfill the set professional tasks" (Maslak, 2010). Therefore, the development of motivation for self-development in the field of IT&DT is associated with the need for effective professional achievements and the level of satisfaction with the results of involving IT in solving professional problems. From the point of view of professional training of officers, this is expressed in the personal need to systematically replenish and expand the relevant professional IT knowledge, knowledge of digital tools in the industry, and the ability to model their IT activities. The level of "formation motivation depends on the degree of activity and the desire to increase the level of professional competence" (Yevsyukov, 2006). Studying the processes of formation of professional competence of future officers, the researcher emphasizes: that "motivation" accompanies the entire process of formation of professional competence, since the very specifics of military service and all actions of a serviceman require an appeal to the personal meaning of what a person's activity is manifested for" [ibid.].

The analysis of scientific literature shows the unanimity of scientists' opinions that the main driving force for the development of the IDC is not only motivation and cognitive motives formed in cadets, which are influenced by the educational environment. The researchers note that cadets' learning process should become a personal and meaningful stage of life. In the educational process, it is important to focus on the professional self-assertion of future officers (Melnychuk, 2018). On the other hand, the personal component of the IDC of future officers determines the value settings and aspirations of future officers for professional development regarding the use of IT and DT in professional activities. Value orientations are parts of the inner part of the personality of a future officer (Slyusarenko, 2015). They are the most important levers for the formation of the personality of a future officer, which is fixed by life experience and the totality of their experiences. They determine the need and interest in obtaining knowledge, skills, and abilities in IT and DT, knowledge about the system of the modern information society; and the need to master methods and actions for search activities and gain experience in search activities.

Thus, the motives and value orientations of a person affect the regulation of cognitive processes, are closely related to the emotional and volitional mechanisms of the human psyche, and regulate his social behavior, and therefore can affect the way of behavior in the professional training. The formation of the personal component qualitatively characterizes the motivational and value criterion, and the quantitative characteristics are given by the indicators "Presence of motives" and "Value attitudes for self-development". A value-based attitude makes it possible to assess the need for the use of IT, determines the cognitive activity of future officers, and the ability to overcome difficulties with using technology and independence. Motivation shows the level of direct interest in performing a task using IT, and the level of awareness of the importance of the data received through the network, indicates the desire to assert oneself, test, and demonstrate one's skills. Therefore, the measure of the development of future officers' component of the IDC is the motivational and value criterion with the indicators "Presence of motives" and "Value attitudes for self-development."

The level of development of the knowledge component of the IDC is increased through the development of general information, digital and media literacy, and mastering the theoretical and methodological foundations of using IT&DT in solving professional problems. In particular, not only a general knowledge of IT and its development is important, but also specialized knowledge of modern geo-inform- systems (GPS, ECDIS (Electronic Chart Display and Information System), information from which officers should be able to interpret; knowledge of cybersecurity (connecting ships to global networks to exchange information makes them vulnerable to cyberattacks) to prevent interference and avoid threats that could affect the safety; knowledge of automated control systems (from machine installations to loading operations) for monitoring and operational maintenance of these systems; knowledge of digital communication (in particular, satellite phones, the Internet and other means of information exchange ) for security and coordination of operations; knowledge of analytics and data management for rapid benchmarking, optimization and management of information flows and informed decision-making.

The ability to solve professional tasks is ensured by the availability of knowledge about the sources of information and the processes of its processing based on micro cognitive actions inherent in critical thinking (analysis, formalization, comparison, generalization, and integration of incoming information with the existing knowledge base, development of information use cases,

forecasting the consequences of solving a problem situation, generating and forecasting the use of new information and its interaction with the existing one knowledge base knowledge about the differences between automated and manual information processes based on (i.e. the organization of storage and retrieval of information in a long-term mode). The cognitive criterion of the IDC of future officers characterizes the understanding of the essence of the technological approach to the implementation of activities; the ability to use information technologies for searching, processing, and storing information; identifying, creating, and forecasting possible technological stages of processing information flows; understanding of the principles of operation, capabilities, and limitations of technological devices designed for automatic search and processing of information, acquisition of a set of knowledge about information processes in nature and society, which make it possible to create internal technologies; understanding of the principles of operation, capabilities, and limitations of technological devices designed for automatic search and processing of information.

Thus, the cognitive criterion of the IDC of future officers characterizes the list of knowledge in information and digital technologies with a projection on the specific industry and covers the knowledge that characterizes modern IT and DT and the areas of their application. Accordingly, the measure of this component is a cognitive criterion with the indicator "Knowledge about IT & DT in general and in the industry".

The activity criterion for forming the procedural component of the IDC of future officers covers the ability to use DT and IT, which will allow you to make informed decisions. These include basic and special skills in working with information, which involves the ability to use modern technologies to search, access, store, process, and present information content. The ability to work with information shows the ability to apply appropriate operations for the search, transformation, and use of information of various natures in professional activities.

The procedural component of the IDC of future officers is due to the importance of specialized skills to use IT in professional activities, which enable: the operational efficiency of future officers in solving current tasks (modern IT automates most operations, improves operational efficiency, prevents errors, etc.); improving situational awareness (through real-time monitoring of weather conditions, identification of potential risks, etc.) to make informed decisions and prevent potential threats; improved communication (communication and data exchange between different platforms, and systems) for coordination of actions in the context of emergency (including military) operations; cybersecurity and personnel on board; decision-making based on IT data; professional development (in particular, in the fields of programming languages, data analysis and visualization, network technologies, databases, cloud computing). Accordingly, the measure of this component is the activity criterion with the indicator "Ability to use DT and IT to solve professional problems".

The process of development of the IDC has a multi-level nature, that is, when it comes to acquiring the IDC, it means development at a certain level. The transition from one level to another takes place sequentially and continuously from lower to higher. Each previous level is a prerequisite for the formation of the next one, and a timely and objective determination of the formation level makes it possible to determine the ways of timely influence. We followed the opinion of A. Shtymak (2015), suggests relying on a three-level gradation when determining the level of competence: low, medium, and high, since it, in our opinion, is the most universal and the most understandable.

Below we present a qualitative description of the levels of development of the IDC of future officers at each of the three levels.

#### *Low level of development of the IDC of future officers*

The low level is characterized by a lack of sustained interest in information technology and a lack of stable aspirations to use IT in future professional activities; lack of motivation to independently search and use new information; are not interested in understanding the principles of operation, capabilities, and limitations of technical devices, do not see the need to apply them in future professional activities, are not able to overcome the difficulties that arise when working with information content. The knowledge of future officers is formal, as they have an episodic interest in IT. They do not have formed common values when using IT, or the ability to consciously control the results of their activities. There is no initiative to use IT in a professional situation. They have a weak desire for their own development and personal growth. They have an undeveloped ability to self-assess and introspect their activities in using IT and DT.

Future officers with a low level of IDC have basic skills in the field of IT and DT, which are critically important for their future professional activities: the basics of working with computers and software, knowledge of the basic principles of information security (the ability to use operating systems, text editors, spreadsheets and other general-purpose software, mail programs for organizing daily work and communication with colleagues). The officers have non-systematic knowledge of the basic information security principles, at that level. They understand how to protect their data and systems from unauthorized access, but they have an incomplete knowledge of the basics of information encryption and methods of secure data transmission to ensure information security in military operations. Also, officers with a low level of IDC are familiar with digital platforms variety and tools that can be useful in their activities and have a fragmented interest in using online resources to obtain information, share experiences, and collaborate with other specialists. They need help navigating and using digital resources to collect and analyze information. They have a limited ability to adapt to new technologies and digital systems to search for and analyze data in the digital environment. They lack experience with specialized military command and control systems, monitoring systems, or communication platforms. They have low motivation to develop digital skills and difficulty adapting to or implementing new technologies in military operations. They have fragmented skills in solving problems related to information systems and technologies. They may require ongoing assistance and support from technical staff.

#### *Average level of development of the IDC of future officers*

The officers with an average level of development of the IDC have the following characteristics: they have an episodic interest in both the use of IT and DT; inherently unstable positive motivation to acquire knowledge, skills, and abilities in the field of IT; the desire to use IT and digital devices in future professional activities can be traced, but is not systematic; there is a point critical assessment of the involvement of IT in solving professional problems. They are characterized by the presence of knowledge of the differences between automated and automatic execution of information processes and the ability to classify

tasks by type with the subsequent selection of the appropriate information tool; understanding of how digital tools work, but not always taking into account their limitations and security. Existing skills in working with information flows and technological skills that are not sufficiently applied in practice; limited ability to apply appropriate operations for searching, transforming, and using data of various types (numbers, text, tables, schemes, etc.). An essential condition for attribution to the average level of informatics competence formation is a strong desire to achieve a higher level of ICT and awareness of the shortcomings of one's training. They are characterized by the formation of common values, manifested in the rational selection and conscious application of certain IT, but not always with the obligatory achievement of a successful result. They can't fully maintain self-control, show initiative and determination to use IT, or consciously control the results of their activities, or the level of their growth, they do not have sufficiently expressed skills of self-assessment and self-analysis when processing information content.

At the same time, future officers with an intermediate level of IDC have more complex skills that allow them to use DT and specialized software in their activities effectively – this is knowledge of programs that are used to plan and manage operations (battle management systems, navigation programs, etc., control of unmanned systems). They know digital data analysis tools and how to use them to identify trends and forecasts and assess risks. Have the skills to use analytical tools to process information (about weather conditions, sea currents, and other factors), reducing the likelihood of planning errors. Future officers with an intermediate IDC level understand cybersecurity and information protection principles. They know how to protect information systems, detect and prevent cyber threats, and learn data confidentiality principles. Able to use essential digital tools and systems in professional activities and effectively use digital platforms for communication, collaboration, and information exchange. They can adapt to new technologies and implement them in their activities. They can effectively solve standard problems using information systems, independently search for information, and use resources to solve technical issues. Consciously participate in training programs that include IT and DT, master new technologies, and implement them in their professional activities.

#### *High level of development of the IDC of future officers*

The officers with a high level of development of the IDC are characterized by: the presence of a stable interest in the use of IT & DT in their professional activities, positive motivation, a strong desire for professional self-improvement in the field of IT, and a positive result in the use of IT. Future officers at a high level of development of the ICC have a solid and systematic knowledge of IT, skills in working with information and information sources, capable of practical and creative problem-solving with the involvement of IT. Officers are characterized by a high level of formation of skills of independent work, which gives the activity a creative nature. They can maintain self-control, show a non-standard approach to solving problems with the help of IT, can independently make informed decisions and instantly move on to their implementation, have well-developed organizational skills in achieving the goal, ability to analyze and introspect their own activities. A characteristic personality trait is the presence of clearly formed values for working with IT and DT. They can control the results of their activities and track the dynamics of personal growth, striving to involve what they have acquired in professional activities.

At a high level of the IDC, future officers demonstrate the ability to manage information systems at a strategic level, possess technological tools, and optimize the use of IT & DT in military operations. Officers with a high level of IDC can integrate DT into military force management strategies, allowing them to respond effectively to dynamic changes in operational circumstances. Officers have developed critical thinking, enabling them to evaluate existing technologies and adapt them to specific needs, particularly initiating new approaches to systematizing information sources. But what truly sets them apart is their leadership. They are proficient in working independently with digital tools, forming teams capable of prompt response, and implementing innovative solutions. Their leadership skills extend to digital communication and information system management, making them invaluable assets in the digital age.

They are characterized by in-depth knowledge of specialized digital tools and technologies (GIS, data analysis, etc.), have significant experience in using digital platforms for complex problem-solving, decision-making, and strategic planning, have a deep understanding of cybersecurity and data protection principles, including threat analysis and risk management, and can lead and train others on the use of IT & DT to solve professional problems. They have experience working with new technologies (in particular, artificial intelligence, blockchain, and the Internet of Things) and experience in their application in operations. They have honed their skills in critical analysis and evaluation of information in the digital environment, demonstrating a high level of motivation to improve their digital skills. Their ability to quickly adapt to new digital technologies and innovations in the specific industry is a testament to their resilience and readiness to embrace change. They are well-equipped to provide technical support and advice to other team or unit members and train and mentor others using information and digital technologies.

## CONCLUSIONS

To assess the levels of development of the IDC of future officers, the criteria (motivational and value, cognitive and activity) and the relevant indicators (the presence of motives, value attitudes for self-development, knowledge about IT & DT in general and in the industry, the ability to use DT and IT to solve professional problems) have been determined, which made it possible to qualitatively characterize the development levels: low, medium and high. The information and digital competence levels of future officers determine their ability to use modern technologies to perform their duties effectively. A low level may be sufficient for basic tasks, but medium and high levels are critical for managing complex operations and adapting to the performance of professional duties.

The developed diagnostic apparatus makes it possible to check the effectiveness of the model of development of the IDC of future officers in a nonformal education context and opens up other areas for research related to the development of the IDC of different specialists.

## REFERENCES

1. Annenkova, I. P. (2011). Criteria and indicators of the quality of education in higher education institutions. *Bulletin of the Odessa National University*, 8. URL: [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/NiO/2011\\_8/ped/Annen.htm](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/NiO/2011_8/ped/Annen.htm).
2. Encyclopedia of Education (2008). *Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine*. Kyiv: Yurinkom Inter.

3. Golovan, M. S., & Yatsenko, V. V. (2012). Essence and content of the concept of "research competence". *Theory and Methods of Teaching Fundamental Disciplines in Higher School: Collection of Scientific Papers*. Kryvyi Rih, VII, 55-62.
4. Hrona, N., Khomych, T., Semenog, O., Kharchenko, I., Yurchenko, A., & Semenikhina, O. (2024). Tools for the development of emotional intelligence: Cognitive native language teaching. *International Journal of Instruction*, 17(2), 599-616. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.17233a>.
5. Maslak, L. P. (2010). *Formation of professional foreign language competence of future officers of radio engineering specialties*. Diss. ... Cand. ped. Sciences. Zhytomyr: Zhytomyr Ivan Franko State University.
6. Melnychuk, Y. (2018). Metodika formuvannya proektno-analytichoi kompetentnosti budutnykh ofetsnykiv-granichnykiv v protsesu professionalnoi podgotova" [Methods of forming project-analytical competence of future border guard officers in the process of professional training]. *Youth and the market*, 3 (158), 106–110.
7. Moroz, N. V. (2007). *Formation of socio-cultural competence as a component of professional training of cadets of higher military educational institutions*. Diss. ... Cand. ped. Sciences: 13.00.04. Khmelnytskyi.
8. Mulesa, P., Semenikhina, O., & Yurchenko, A. (2023). Diagnostic apparatus of researching the results of preparing teachers to use virtual visibility tools in professional activities. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: «Pedagogy. Social Work»*, 2(53), 94–99. <https://doi.org/10.24144/2524-0609.2023.53.94-99>.
9. Reshetnik, S. M. (2013). Criteria, indicators and levels of readiness of future officers of the Internal Troops of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine for service activities. *Collection of Scientific Papers of the Khmelnytsky Institute of Social Technologies of the University "Ukraine"*, 2 (8), 217–223.
10. Rudenko Y. O., Drushlyak, M. G., Shamonina, V. G., Ostroha, M. M., & Semenikhina, O. V. (2023a). DEVELOPMENT OF STUDENT'S ABILITY TO RESIST INFORMATION INFLUENCES. *Information Technologies and Learning Tools*, 94(2), 54-71. <https://doi.org/10.33407/itlt.v94i2.5162>.
11. Rudenko, Yu., Proshkin, V., Naboka, O., Yurchenko, A., & Semenikhina, O. (2023b). Using Bloom's taxonomy to assess information hygiene skills. *E-learning & Artificial Intelligence (AI) Scientific Editor Eugenia Smyrnova-Trybulska "E-learning"*, 15, Katowice–Cieszyn, 137–148. <https://doi.org/10.34916/el.2023.15.12>.
12. Semenog, O., Burtovy, R., & Yurchenko, A. (2022). Rozvytok informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti maibutnykh morskyykh ofitseriv v umovakh neformalnoi osvity: sutnist kluchovykh poniat [Development of information and digital competence of future marine officers in the conditions of informal education: the essence of key concepts]. *Fizyko-matematychna osvita –Physical and Mathematical Education*, 36(4), 70-78. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2022-036-4-010>.
13. Shtymak, A.Y. (2015). Technology for determining the level of competence of a university graduate using algorithms of fuzzy logical inference. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University. Series: Computer Science and Information Technology*. 826, 109–122. URL: <http://ena.lp.edu.ua/handle/ntb/31305>.
14. Slyusarenko, N. (2015). Realization of the need for communication in the professional activities of specialists in the maritime industry. *Tavria Bulletin of Education*. Kherson: KVNZ "KhANO", 2 (50), 2, 152–155.
15. Torichnyi, O. V. (2012). *Theory and practice of formation of military-special competence of future border guard officers in the process of training*. Khmelnytskyi: Publishing house of the National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine named after B. Khmelnytsky.
16. Yevsyukov, O. F. (2006). *Pedagogical conditions for the formation of professional competence of future officers in the educational process of a higher military educational institution*. Dis... Cand. ped. Science: 13.00.04. Kharkiv National Pedagogical University. Kharkiv.
17. Yevsyukov, O. F. (2006). *Pedagogical conditions for the formation of professional competence of future officers in the educational process of a higher military educational institution*. Diss. ... Cand. ped. Science: 13.00.04. Kharkiv National Pedagogical University. Kharkiv.

Text of the article was accepted by Editorial Team 04.05.2024



## ТЕОРЕМА ВІЄТА: ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИЙ І КРАЄЗНАВЧИЙ АСПЕКТ

Людмила ІЗІУМЧЕНКО ✉

Ліцей «Престиж» м. Києва, Україна  
[l.iziumch@gmail.com](mailto:l.iziumch@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-8656-2220>

Анна ТКАЧЕВСЬКА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна  
[tkannochka@gmail.com](mailto:tkannochka@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0009-0170-3422>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Основною задачею сучасної школи є розвиток природних здібностей та обдарувань учнів, формування компетентностей, необхідних для їх соціалізації, розвиток критичного мислення та створення умов для забезпечення гармонійного розвитку. Отже, постає проблема формування в учнів цілісної системи теоретичних відомостей і практичних навичок з різних дисциплін, що дозволить використовувати отримані знання для вирішення проблем сьогодення. Проте шкільні підручники недостатньо враховують знання школярів із суміжних предметів та сучасного життя. Метою статті є створення задач інтегрованого змісту з теми «Теорема Вієта» різного рівня складності з можливістю використання їх у класах різного профілю та під час навчання студентів педагогічних спеціальностей.

**Матеріали і методи.** У дослідженні використовувалися теоретичні методи – аналіз навчальних програм з математики та освітніх програм педагогічних спеціальностей з математичною складовою, змісту сучасних шкільних підручників, узагальнення власного та передового педагогічного досвіду щодо застосування завдань інтегрованого змісту в освітньому процесі школи і ЗВО; емпіричні – спостереження під час роботи з учнями ЗЗСО на уроках математики і під час позаурочної роботи та студентами педагогічних спеціальностей на заняттях з математичних дисциплін у ЗВО.

**Результати.** Авторами була розглянута серія задач з теми «Теорема Вієта». Наведено огляд типових задач, які зустрічаються у шкільному курсі математики і у математичних курсах педагогічних спеціальностей ЗВО. Запропоновано приклади завдань краєзнавчого аспекту, які зорієнтують вчителів враховувати історико-географічну місцеву тематику чи профіль вивчення математики при створенні схожих завдань. Показано використання теореми Вієта у геометрії та інших розділах алгебри, у тому числі і для розв'язування завдань практичного змісту. Наведені задачі високого рівня складності, які доцільно розглянути з учнями у позаурочний час при організації науково-дослідницької чи проектної роботи.

**Висновки.** Створення серії задач інтегрованого змісту з теми «Теорема Вієта» може бути корисним досвідом для молодих вчителів, котрі викладають математику у класах різного профілю, та студентів фізико-математичних факультетів.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** многочлен; корені многочлена; теорема Вієта; задачі інтегрованого змісту; профільне навчання.

## VIETA'S THEOREM: MATHEMATICAL AND ETHNOMATHEMATICAL ASPECT

Liudmyla IZIUMCHENKO ✉

Lyceum Prestige, Ukraine  
[l.iziumch@gmail.com](mailto:l.iziumch@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-8656-2220>

Anna TKACHEVSKA

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Ukraine  
[tkannochka@gmail.com](mailto:tkannochka@gmail.com)  
<https://orcid.org/0009-0009-0170-3422>

Для цитування:	Ізіумченко Л., Ткачевська А. Теорема Вієта: природничо-математичний і краєзнавчий аспект. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 20-27. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03</a>
	Ізіумченко, Л., & Ткачевська, А. (2024). Теорема Вієта: природничо-математичний і краєзнавчий аспект. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(4), 20-27. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03</a>
For citation:	Iziumchenko, L., & Tkachevska, A. (2024). Vieta's Theorem: mathematical and ethnomathematical aspect. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 20-27. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03</a>
	Iziumchenko, L., & Tkachevska, A. (2024). Teorema Vieta: pryrodnycho-matematychnyi i kraieznavchyi aspekt [Vieta's Theorem: mathematical and ethnomathematical aspect]. <i>Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 20-27. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-03</a>

**ABSTRACT**

**Formulation of the problem.** The main task of a modern school is to develop pupils' natural abilities and talents, build competitiveness and skills for their socialization, develop critical thinking, and create conditions to ensure their harmonious development. Therefore, the problem arises in shaping students with a comprehensive system of theoretical knowledge and practical skills across various disciplines, enabling them to apply acquired knowledge to address contemporary life issues. However, school textbooks do not sufficiently consider students' knowledge of related subjects and modern life. The article aims to integrate a problem series of "Vieta's Theorem" and create complex exercises of different levels.

**Materials and methods.** The research uses theoretical methods, including analyzing mathematics curricula and educational programs in pedagogical specialties with mathematical components and the content of contemporary school textbooks. Furthermore, combining personal and advanced pedagogical experiences regarding the integrated tasks application in the educational processes of both schools and higher education institutions. Empirical methods included observations during mathematics classes in high schools and extracurricular activities, and observations during mathematics sessions in pedagogical specialties at HEIs.

**Results.** The authors examined a problem series based on Vieta's Theorem, providing an overview of typical issues encountered in school mathematics courses and mathematics courses within pedagogical specialties at HEIs. Examples of tasks incorporating local geography were proposed to guide teachers in considering historical-geographical local themes or the profile of mathematics study when creating similar tasks. The use of Vieta's Theorem in geometry and other branches of algebra, including tasks with practical content, was demonstrated. High-level questions suitable for extracurricular scientific research or project work with students were presented.

**Conclusions.** The creation of a series of math problems with varying integrated tasks will serve as invaluable experience for beginner math teachers, including those in classes of different specializations, and for STEM students.

**KEYWORDS:** *polynomial; roots of a polynomial; Vieta's Theorem; tasks of integrated content; specialized training.*

**ВСТУП**

**Постановка проблеми.** У сучасному світі зростає відповідальність людини за прийняття рішень у різноманітних життєвих ситуаціях. Тому школа повинна давати учням можливість готуватися до реального життя, навчаючи не лише теоретичним фактам, а й можливостям їхнього практичного застосування у математиці та суміжних предметах, а також у реальних життєвих обставинах. Важливим фактором успішності учнів у майбутньому є прикладна спрямованість математики, внутрішні взаємозв'язки предмету та інтеграція з іншими дисциплінами. Сучасні шкільні підручники з математики, на жаль, мають дуже незначну кількість завдань практичного змісту чи історико-краєзнавчої тематики. А тому на прикладі теми «Теорема Вієта» ми показуємо, як можна доповнити її вивчення із урахуванням профілю навчання (історичного, філологічного, хіміко-біологічного, фізико-математичного), зробивши тему привабливішою та практично орієнтованою для учнів.

**Аналіз актуальних досліджень.** Науковці і педагоги-практики приділяють значну увагу різним аспектам математичної підготовки школярів та студентів педагогічних спеціальностей: організацію освітнього процесу, спрямованого на формування ключових компетентностей учнів, досліджували Бевз Г.П., Бурда М.І. (2014), Васильєва Д.В. (2018), Кірман В.К., Матяш О.І. (Matias, 2021), Раков С.А., Сердюк З.О., Тарасенкова Н.А., Акуленко І.А. (Тарасенкова & Акуленко, 2020), Шкільний О.В.; питання внутрішньопредметної та міжпредметної інтеграції у процесі вивчення математичних дисциплін, забезпечення наступності навчання математичних дисциплін досліджували Бевз В.Г., Владімірова Н.Г., Гнезділова К.М., Нічишина В.В., Ботузова Ю.В. (2020), Ріжняк Р.Я. (Ботузова & Ріжняк, 2022) та ін.; формування творчої особистості школяра, розвиток творчого мислення учня у процесі навчання математики досліджували Бевз Г.П., Бурда М.І., Ізюмченко Л.В., Ключник І.Г. (Ізюмченко & Ключник, 2020), Нелін Є.П., Чашечникова О.С. (2011) та ін. Проблему формування дослідницьких умінь учнів вивчали Плахотник В.В., Панасенко О.Б., Прус А.В., Швець В.О. (Прус & Швець, 2018) та ін. Реалізації в освітньому процесі інноваційних авторських новацій присвячені праці Працьовитого М.В., Кушніра В.А., Яременко Л.І., Мієр Т.І., Голодюк Л.С. (Miier & Holodiuk, 2019). На значному освітньому та виховному значенні задач історико-краєзнавчої тематики у навчанні математики наголошували відомі математики і методисти, у тому числі Бевз Г.П., Бурда М.І., Васильєва Д.В., Слєпкань З.І., Шкіль М.І., Бевз В.Г. (2004) та ін.

**Мета статті.** Створення задач інтегрованого змісту з теми «Теорема Вієта» різного рівня складності з можливістю використання їх у класах різного профілю та під час навчання студентів педагогічних спеціальностей ЗВО.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

У дослідженні використовувалися теоретичні методи – аналіз навчальних програм з математики та освітніх програм педагогічних спеціальностей з математичною складовою, змісту сучасних шкільних підручників, узагальнення власного та передового педагогічного досвіду щодо застосування завдань інтегрованого змісту в освітньому процесі школи та ЗВО; емпіричні – спостереження під час роботи з учнями ЗЗСО на уроках математики та під час позаурочної роботи (на засіданнях математичного гуртка, при організації науково-дослідницької роботи, у т. ч. написання НДР МАН, під час підготовки до математичних конкурсів) та студентами педагогічних спеціальностей на заняттях з математичних дисциплін у ЗВО.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ****1. Огляд теоретичних відомостей і типових задач.**

Теорема. Нехай  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – корені многочлена  $n$ -го степеня  $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$  ( $a_n \neq 0$ ). Тоді справедливі формули Вієта:



**1.9.** Знайдіть усі значення параметра  $a$ , якщо відомо, що корені рівняння  $x^2 + ax + 21 = 0$  є цілими числами. Оскільки  $21 = 1 \cdot 21 = -1 \cdot (-21) = 3 \cdot 7 = -3 \cdot (-7)$ , то з теореми Вієта  $a \in \{\pm 22, \pm 10\}$ .

**2. Теорема Вієта: краєзнавчий аспект.**

При вивченні теореми Вієта доцільно включити завдання, які розкривають історичні, географічні та інші особливості малої батьківщини учнів, інформацію про видатних земляків та ін. Це можуть бути завдання наукового чи краєзнавчого проекту, складові інтегрованих уроків, теми НДР робіт та ін. Принцип інтеграції може реалізовуватися на двох рівнях: внутрішньопредметному та міжпредметному. У процесі вивчення математичних дисциплін внутрішньопредметний рівень виявляється під час виконання завдань, у яких інтегруються, наприклад, алгебра та геометрія. Міжпредметні зв'язки реалізують міждисциплінарну інтеграцію, коли розв'язуються задачі, що вимагають знань з кількох предметних галузей. У своєму дослідженні ми пропонуємо задачі інтегрованого змісту, які задіюють як внутрішньопредметну, так і міжпредметну інтеграцію. Наведемо приклади таких завдань.

**2.1.** Розв'яжіть квадратне рівняння  $x^2 - 12x + 27 = 0$  за теоремою Вієта, запишіть його корені одним числом у порядку спадання та дізнайтеся кількість слів у Акті проголошення незалежності України. (Відповідь: 93 слова).

**2.2.** Найбільшу кількість пам'ятників у світі встановлено Тарасу Шевченку. За теоремою Вієта визначте суму і добуток коренів рівняння  $x^2 - 84x + 13 = 0$ , запишіть одержані результати одним числом у порядку зростання і дізнайтеся їх кількість. (Відповідь: 1384 пам'ятники).

**2.3.** Визначте корені рівняння  $x^3 - 89x^2 + 175x - 87 = 0$  та запишіть їх у порядку зростання (двократний корінь двічі). Отримане число – рік першої писемної згадки слова «Україна». (Відповідь: 1187 рік).

**2.4.** Єдина у світі підводна річка знаходиться у Чорному морі. Менший з коренів квадратного рівняння  $x^2 - 61x + 60 = 0$  – її ширина, а більший – довжина (у кілометрах). Знайдіть їх. (Відповідь: довжина 60 км, ширина 1 км).

**2.5.** У місті Львові було засновано одну з найстаріших обсерваторій Європи. За теоремою Вієта знайдіть значення параметрів  $p$  і  $q$  рівняння  $x^2 - px + q = 0$ , запишіть їх одним числом у порядку зростання та дізнайтеся, у якому році це сталося, якщо відомо, що коренями рівняння є  $\frac{17-\sqrt{5}}{2}$  та  $\frac{17+\sqrt{5}}{2}$ . (Відповідь: 1771 рік).

**2.6.** Перша пісня, заспівана у космосі, – українська «Дивлюсь я на тебе та й думку гадаю», виконана Павлом Поповичем. Запишіть модулі усіх коефіцієнтів рівняння  $2x^2 + bx + c = 0$  одним числом у порядку спадання та дізнайтеся, у якому році це сталося, якщо його корені  $x_1 = \frac{-3-\sqrt{47}}{2}$ ,  $x_2 = \frac{-3+\sqrt{47}}{2}$ . (Відповідь: 1962 рік).

**2.7.** Цікаві факти про українські гривні:

А) Встановіть відповідність між квадратними рівняннями та їх коренями і дізнайтеся у якій країні вперше надрукували гривні. Номер прикладу відповідає місцю, на якому стоїть буква у слові.

1)  $x^2 - 42x + 80 = 0$ ; 2) 4), 6)  $x^2 - 28x + 160 = 0$ ; 3)  $x^2 + 27x - 28 = 0$ ; 5)  $x^2 - 25x + 180 = 0$ .

Корені рівняння	40 і 2	-6 і 2	20 і 8	1 і -28	-3 і -4	∅
Буква	К	О	А	Н	Т	Д

Відповідь: Канада.

Б) Знайдіть суму двох найбільших коренів усіх рівнянь і дізнайтеся, скільки копійок коштує друк найдорожчої купюри з сучасними захисними елементами. (Відповідь: 60 копійок).

В) Знайдіть суму найбільшого і найменшого коренів усіх рівнянь і дізнайтеся, скільки копійок коштує виготовлення однієї купюри в середньому. (Відповідь: 12 копійок).

Зауважимо, що у класах філологічного профілю можна запропонувати учням встановити відповідність між квадратними рівняннями і їхніми коренями та кількістю звуків / букв у слові:  $x^2 - 10x + 24 = 0$  (варіанти відповіді «ящик», 4 букви, 6 звуків), скласти рівняння, яке відповідало б слову «їжак»:  $x^2 - 9x + 20 = 0$  та ін. У класах хіміко-біологічного профілю це можуть бути завдання виду: розставте індекси та дайте назви сполукам  $Zn$ . *Cl.*, *Al*. *S.* і складіть (зведене) квадратне рівняння, коренями якого були б ці індекси та ін.

**3. Теорема Вієта у різних розділах математики.**

Наведемо приклади завдань інтегрованого змісту з використанням теореми Вієта. Зауважимо також, що коректність геометричних задач 3.1-3.8 випливає з існування додатних коренів заданих рівнянь.

**3.1.** Відомо, що корені рівняння  $x^2 - 14x + 36 = 0$  є проєкціями катетів прямокутного трикутника на гіпотенузу. Використовуючи теорему Вієта, обчисліть гіпотенузу, висоту, проведену до гіпотенузи, площу прямокутного трикутника та радіус описаного кола.

За теоремою Вієта  $x_1 + x_2 = 14$ ,  $x_1 \cdot x_2 = 36$ . А тому гіпотенуза  $c = x_1 + x_2 = 14$  (од.); висота, проведена до гіпотенузи, є середнє геометричне між проєкціями катетів на гіпотенузу, тобто  $h = \sqrt{x_1 \cdot x_2} = 6$  (од.); площа трикутника дорівнює  $S = \frac{ch}{2} = \frac{14 \cdot 6}{2} = 42$  (кв. од.), а радіус описаного кола  $R = \frac{1}{2}c = 7$  (од.).

**3.2.** Відомо, що корені рівняння  $x^2 - 12x + 22 = 0$  є сторонами прямокутника. Використовуючи теорему Вієта, обчисліть площу прямокутника, його периметр, діагональ та радіус описаного кола.

За теоремою Вієта  $x_1 + x_2 = 12$ ,  $x_1 \cdot x_2 = 22$ . А тому площа прямокутника дорівнює 22 (кв. од.), а периметр  $2 \cdot 12 = 24$  (од.). Діагональ прямокутника  $d = \sqrt{x_1^2 + x_2^2} = \sqrt{(x_1 + x_2)^2 - 2x_1x_2} = \sqrt{12^2 - 2 \cdot 22} = 10$  (од.), а радіус описаного кола  $R = \frac{1}{2}d = 5$  (од.).

**3.3.** Відомо, що корені рівняння  $x^2 - 20x + 72 = 0$  є діагоналями ромба. Використовуючи теорему Вієта, обчисліть площу ромба, його периметр, висоту та радіус вписаного кола.

За теоремою Вієта  $x_1 + x_2 = 20$ ,  $x_1 \cdot x_2 = 72$ . Оскільки площа ромба дорівнює півдобутку його діагоналей, маємо, що площа дорівнює  $S = \frac{1}{2} \cdot 72 = 36$  (кв. од.); для довільного паралелограма сума квадратів його діагоналей дорівнює сумі квадратів усіх його сторін, маємо:  $d_1^2 + d_2^2 = x_1^2 + x_2^2 = (x_1 + x_2)^2 - 2x_1x_2 = 20^2 - 2 \cdot 72 = 256$ , звідки

$4a^2 = 256 \Rightarrow a = 8 \Rightarrow P = 4a = 32$  (од.) – периметр ромба. Висота ромба  $h = \frac{S}{a} = \frac{36}{8} = \frac{9}{2}$  (од.), радіус вписаного кола  $r = \frac{h}{2} = \frac{9}{4}$  (од.).

**3.4.** Корені рівняння  $x^2 - 28x + 169 = 0$  – довжини основ рівнобедреної трапеції, в яку можна вписати коло. Не розв'язуючи рівняння, знайдіть висоту, бічну сторону, площу і діагональ трапеції та радіус вписаного в неї кола.

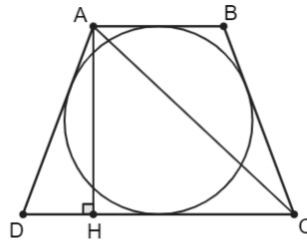


Рис. 1. Трапеція ABCD

Джерело: авторська розробка.

За теоремою Вієта:  $\begin{cases} x_1 + x_2 = 28, \\ x_1 \cdot x_2 = 169. \end{cases}$  Висота  $h = AH = \sqrt{x_1 \cdot x_2} = \sqrt{169} = 13$  (од.). Так як у трапецію можна вписати коло і вона рівнобічна, то  $2AD = AB + DC$ , тоді  $AD = \frac{AB+DC}{2} = \frac{x_1+x_2}{2} = \frac{28}{2} = 14$  (од.); радіус вписаного кола  $r = \frac{h}{2} = 6,5$  (од.); площа  $S = \frac{AB+DC}{2} \cdot h = 14 \cdot 13 = 182$  (кв. од.).

З  $\triangle ABC$ ,  $\angle AHC = 90^\circ$ :  $HC = \frac{AB+DC}{2} = \frac{x_1+x_2}{2} = \frac{28}{2} = 14$  (од.) і  $AC = \sqrt{AH^2 + HC^2} = \sqrt{169 + 196} = \sqrt{365}$  (од.).

Відповідь:  $h = 13$  од.,  $AD = 14$  од.,  $r = 6,5$  од.,  $S = 182$  кв. од.,  $d = \sqrt{365}$  од.

**3.5.** Відомо, що точка дотику вписаного у ромб кола ділить сторону на відрізки завдовжки  $x_1, x_2$ , де  $x_1, x_2$  – корені рівняння  $x^2 - 18x + 64 = 0$ . Використовуючи теорему Вієта, обчисліть сторону, висоту та площу ромба.

Сторона ромба  $a = x_1 + x_2 = 18$  (од.); радіус вписаного кола є середнє геометричне  $r = \sqrt{x_1 \cdot x_2} = \sqrt{64} = 8$  (од.), а тоді висота  $h = 2r = 16$  (од.); площа ромба  $S = a \cdot h = 18 \cdot 16 = 288$  (кв. од.).

**3.6.** Відомо, що сторони прямокутного паралелепіпеда є коренями рівняння  $x^3 - 18x^2 + 90x - 116 = 0$ . Використовуючи теорему Вієта, обчисліть об'єм, повну поверхню та діагональ прямокутного паралелепіпеда.

За теоремою Вієта для кубічного рівняння:  $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 18, \\ x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 = 90, \\ x_1x_2x_3 = 116. \end{cases}$  Тоді об'єм прямокутного паралелепіпеда

$V = x_1x_2x_3 = 116$  (куб. од.), площа повної поверхні  $S = 2 \cdot (x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3) = 180$  (кв. од.), діагональ  $d = \sqrt{(x_1 + x_2 + x_3)^2 - 2 \cdot (x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3)} = \sqrt{18^2 - 180} = 12$  (од.).

**3.7.** Для обробки поверхонь стін, стелі і підлоги кімнати перед її подальшим оздобленням потрібно провести ґрунтовку з використанням рідини, яка продається в упаковках по 5 л. Оцініть, скільки таких упаковок потрібно купити, якщо виміри кімнати (у метрах) є коренями рівняння  $x^3 - 12x^2 + 47x - 60 = 0$ , а витрати готової до використання рідини складають у середньому  $0,17$  л/м<sup>2</sup>. Під час обчислень врахуйте, що поверхню вікон і дверей, які складають 10 % від усієї площі, обробляти не треба. Для опалювальної системи необхідні радіатори із розрахунку дві одиниці на 30 м<sup>3</sup>. Скільки таких радіаторів треба замовити для обігріву даної кімнати?

За теоремою Вієта площа повної поверхні  $S = 2 \cdot 47 = 94$  кв. м; 90 % площі складають 84,6 кв. м.; необхідна кількість рідини  $84,6 \cdot 0,17 = 14,382$  л. А тому достатньо купити 3 упаковки ґрунтовки.  $V = 60$  м<sup>3</sup>, 4 радіатори.

**3.8.** Відомо, що діагоналі граней  $d_1, d_2, d_3$  прямокутного паралелепіпеда є коренями рівняння  $x^3 - 56x^2 + 1039x - 6384 = 0$ . Використовуючи теорему Вієта, знайдіть діагональ прямокутного паралелепіпеда.

За теоремою Вієта маємо:  $\begin{cases} d_1 + d_2 + d_3 = 56, \\ d_1d_2 + d_1d_3 + d_2d_3 = 1039, \\ d_1d_2d_3 = 6384. \end{cases}$

Нехай виміри прямокутного паралелепіпеда  $a, b, c$ , тоді діагоналі граней  $d_1^2 = a^2 + b^2, d_2^2 = a^2 + c^2, d_3^2 = b^2 + c^2$ . Діагональ прямокутного паралелепіпеда  $D^2 = a^2 + b^2 + c^2 = \frac{1}{2}(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2) = \frac{1}{2}((d_1 + d_2 + d_3)^2 - 2 \cdot (d_1d_2 + d_1d_3 + d_2d_3)) = \frac{1}{2} \cdot (56^2 - 1039) = 23$  (од.).

Зауважимо, що коректність геометричної задачі впливає із існування додатних вимірів паралелепіпеда:  $a = 2\sqrt{42}, b = 2\sqrt{22}, c = \sqrt{273}$ , діагоналі граней  $d_1 = 16; d_2 = 21; d_3 = 19$  (од.).

**3.9.** Корені рівняння  $x^2 + px + q = 0$  є цілими числами. Знайдіть усі значення  $p, q$ , якщо сума  $p + q = 100$ .

За теоремою Вієта:  $x_1 + x_2 = -p, x_1 \cdot x_2 = q$ . З умови  $p + q = 100$  маємо  $-(x_1 + x_2) + x_1 \cdot x_2 = 100 \Leftrightarrow (x_1 - 1) \cdot (x_2 - 1) = 101$ . Оскільки  $x_1, x_2$  – цілі числа і 101 – просте число (його дільниками є числа  $\pm 1; \pm 101$ ), тому

можливі випадки (нехай  $x_1 \leq x_2$ ):  $\begin{cases} x_1 - 1 = -101, \\ x_2 - 1 = -1, \\ x_1 - 1 = 1, \\ x_2 - 1 = 101, \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_1 = -100, \\ x_2 = 0, \\ x_1 = 2, \\ x_2 = 102, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p = 100, \\ q = 0, \\ p = -104, \\ q = 204. \end{cases}$

Відповідь.  $p = 100, q = 0$  або  $p = -104, q = 204$ .

**3.10.** Корені многочлена  $f(x) = x^3 - 3x^2 - 33x + 35$  утворюють спадну арифметичну прогресію. Чому дорівнює перший член і різниця прогресії?

За теоремою Вієта:  $x_1 + x_2 + x_3 = 3$ ,  $x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 = -33$ ,  $x_1x_2x_3 = -35$ . Врахуємо, що  $x_1 = x_2 - d$ ,  $x_3 = x_2 + d$ ,  $d < 0$ , з першої рівності отримаємо  $3x_2 = 3$ , звідки  $x_2 = 1$ . З третьої рівності з урахуванням  $x_2 = 1 \Rightarrow x_1x_3 = -35$ ,  $(x_2 - d)(x_2 + d) = -35$ ,  $1 - d^2 = -35$ ,  $d < 0 \Rightarrow d = -6$ ;  $x_1 = 7$ ;  $x_2 = 1$ ;  $x_3 = -5$ .

Відповідь:  $x_1 = 7, d = -6$ .

**3.11.** Корені многочлена  $f(x) = x^3 - bx + a$  утворюють арифметичну прогресію з різницею  $d$ . Чому дорівнюють параметри  $a$  і  $b$ ?

За теоремою Вієта:  $x_1 + x_2 + x_3 = 0$ ,  $x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 = -b$ ,  $x_1x_2x_3 = a$ . Оскільки  $x_1 = x_2 - d$ ,  $x_3 = x_2 + d$ , то з першої рівності отримаємо  $3x_2 = 0$ ,  $x_2 = 0$ , а тому  $a = 0$ . З другої рівності з урахуванням  $x_2 = 0 \Rightarrow x_1x_3 = -b$ ;  $(x_2 - d)(x_2 + d) = -b$ ;  $-d^2 = -b$ ; звідки  $b = d^2$ .

Відповідь:  $a = 0$ ;  $b = d^2$ .

**3.12.** Використовуючи теорему Вієта, знайдіть усі значення параметра  $a$  такі, щоб один з коренів рівняння  $9x^3 - 52x + a = 0$  дорівнював потроєному іншому кореню.

За теоремою Вієта  $x_1 + x_2 + x_3 = 0$ ;  $x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 = -52/9$ ;  $x_1x_2x_3 = -a/9$ . Враховуючи, що  $x_2 = 3x_1$ , отримаємо з першої рівності  $x_3 = -4x_1$ . Друга і третя рівності переписуться  $3x_1^2 - 4x_1^2 - 12x_1^2 = -52/9$ ;  $-12x_1^3 = -a/9$ , звідки маємо  $x_1^2 = 4/9$ ;  $a = 108x_1^3$ . Маємо дві можливості: 1)  $x_1 = 2/3$ ,  $x_2 = 3x_1 = 2$ ,  $x_3 = -4x_1 = -8/3$ , тоді  $a = 108 \cdot (2/3)^3 = 32$ ; 2)  $x_1 = -2/3$ ,  $x_2 = 3x_1 = -2$ ,  $x_3 = -4x_1 = 8/3$  і  $a = -32$ .

Відповідь:  $a = \pm 32$ .

**3.13.** При яких цілих значеннях  $n$  сума квадратів коренів рівняння  $x^2 - n^3x - 2n^2 = 0$  є простим числом?

За теоремою Вієта маємо:  $\begin{cases} x_1 + x_2 = n^3, \\ x_1x_2 = -2n^2, \end{cases} x_1^2 + x_2^2 = (x_1 + x_2)^2 - 2x_1x_2$ ;

$$x_1^2 + x_2^2 = (n^3)^2 - 2 \cdot (-2n^2) = n^6 + 4n^2 = n^2(n^4 + 4) = (n^4 + 4 + 4n^2 - 4n^2) = n^2(n^2 - 2n + 2)(n^2 + 2n + 2).$$

Добуток цілих чисел може бути простим числом, якщо усі множники, крім одного, дорівнюють одиниці, а останній множник при цьому є простим числом. Неважко переконатися, що це виконується лише при  $n = \pm 1$ .

**4. Теорема Вієта у класах фізико-математичного профілю.**

**4.1.** Нехай  $f(x) = x^5 + 4x^4 - 4x^3 - 8x^2 + 14x - 12$ ,  $g(x) = x^3 + 5x^2 - 14$ . Відомо, що  $x_1, x_2, x_3$  є коренями многочлена  $g(x)$ . Обчисліть значення величини  $f(x_1) + f(x_2) + f(x_3)$ .

Покажемо, що рівняння  $g(x) = 0$ ,  $x^3 + 5x^2 - 14 = 0$  має три дійсні корені графічно, побудувавши в одній системі координат два графіка  $y = x^3$  і  $y = -5x^2 + 14$ . Отримаємо три точки перетину, що гарантує три дійсні корені. Аналітичне обґрунтування може виглядати так: якщо (неперервна) функція на кінцях проміжку приймає значень протилежних знаків і є монотонною на цьому проміжку, то на цьому проміжку є рівно один дійсний корінь:

$$g(-5) = -14 < 0, g(-4) = 2 > 0, g'(x) > 0, \forall x \in (-5; -4) \Rightarrow x_1 \in (-5; -4);$$

$$g(-3) = 4 > 0, g(0) = -14 < 0, g'(x) < 0, \forall x \in (-3; 0) \Rightarrow x_2 \in (-3; 0);$$

$$g(0) = -14 < 0, g(2) = 14 > 0, g'(x) > 0, \forall x \in (0; 2) \Rightarrow x_3 \in (0; 2).$$

За теоремою Вієта маємо:  $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = -5, \\ x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3 = 0, \\ x_1x_2x_3 = 14. \end{cases}$  Поділимо  $f(x)$  на  $g(x)$  з остачею, отримаємо

$f(x) = g(x) \cdot q(x) + r(x)$ ; частка  $q(x) = x^2 - x + 1$ ; остача  $r(x) = x^2 + 2$ . Рівність  $f(x) = (x^3 + 5x^2 - 14)(x^2 - x + 1) + (x^2 + 2)$  має місце для усіх  $x$ , а тому і для  $x_1, x_2, x_3$ , тому  $f(x_1) = g(x_1) \cdot q(x_1) + (x_1^2 + 2) = x_1^2 + 2$ , бо  $g(x_1) = 0$ ; аналогічно  $f(x_2) = x_2^2 + 2$ ,  $f(x_3) = x_3^2 + 2$ . А тому  $f(x_1) + f(x_2) + f(x_3) = (x_1^2 + 2) + (x_2^2 + 2) + (x_3^2 + 2) = x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 6 = (x_1 + x_2 + x_3)^2 - 2 \cdot (x_1x_2 + x_1x_3 + x_2x_3) + 6 = (-5)^2 - 2 \cdot 0 + 6 = 31$ .

Відповідь: 31.

**4.2.** Усі корені многочлена  $f(x) = x^n + a_{n-2}x^{n-2} + \dots + a_1x + a_0$  - дійсні числа. Доведіть, що  $a_{n-2} \leq 0$ .

Помічаємо, що коефіцієнт  $a_{n-1} = 0$ . За теоремою Вієта:  $\begin{cases} x_1 + x_2 + \dots + x_n = 0, \\ x_1x_2 + x_1x_3 + \dots + x_1x_n + \dots + x_{n-1}x_n = a_{n-2}, \dots \end{cases}$

Піднесемо першу рівність до квадрату, отримаємо  $(x_1 + x_2 + \dots + x_n)^2 = 0$ , розкриємо дужки, маємо  $(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) + 2(x_1x_2 + x_1x_3 + \dots + x_1x_n + \dots + x_{n-1}x_n) = 0$ . Вираз у других дужках дорівнює  $a_{n-2}$ , а тому  $a_{n-2} = -\frac{1}{2}(x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2) \leq 0$ , оскільки за умовою усі корені є дійсними. Доведено.

**4.3.** Використовуючи теорему Вієта, знайдіть розв'язок системи рівнянь  $\begin{cases} x + 2y + 4 = 0, \\ x + 5y + 25 = 0. \end{cases}$

Зауважимо, що коефіцієнти при змінних непропорційні, а тому система має один розв'язок; використовуючи спосіб додавання (віднімання), отримаємо цей розв'язок  $x = 10, y = -7$ . Проте, якщо проаналізувати коефіцієнти при змінних і вільні члени, можна зробити висновок: при  $t = 2$  та при  $t = 5$  маємо  $x + ty + t^2 = 0$  квадратне рівняння, коренями якого є  $t = 2$ ,  $t = 5$ , а невідомі  $x, y$  відіграють роль параметрів. За теоремою Вієта, сума коренів  $7 \in -y$ ; а добуток  $10 \in$  вільний член, тобто  $x$ . Маємо ту ж відповідь. Цей самий прийом дозволить розв'язати наступну систему:

**4.4.** Розв'яжіть систему рівнянь:  $\begin{cases} x - 2y + 4z = 8, \\ x + 3y + 9z = -27, \\ x - 5y + 25z = 125. \end{cases}$

Маємо систему трьох лінійних рівнянь з трьома невідомими. Засобами вищої математики можна показати, що ранг основної матриці дорівнює трьом, а тому система має єдиний розв'язок. Використовуючи знання шкільного курсу неважко обґрунтувати, що 1) кожне рівняння задає площину і кожні дві площини не є паралельними, 2) доступно знайти (довільні) дві спільні точки перших двох площин, наприклад:  $\begin{cases} x - 2y + 4z - 8 = 0, \\ x + 3y + 9z + 27 = 0, \end{cases}$  при  $y = 0$   $\begin{cases} x + 4z - 8 = 0, \\ x + 9z + 27 = 0, \end{cases}$

почленно віднімаємо, маємо першу точку  $M(36; 0; -7)$ ; при  $z = 0$  – т.  $N(-6; -7; 0)$ ;  $\overline{NM}(42; 7; -7) \parallel (6; 1; -1)$ ; тобто перші дві площини перетинаються по прямій: 
$$\begin{cases} x = -6 + 6t, \\ y = -7 + t, \\ z = 0 - t, t \in \mathcal{R}. \end{cases}$$
 Аналогічно, друга і третя площина перетинаються по

прямій 
$$\begin{cases} x = 30 + 15u, \\ y = -19 - 2u, \\ z = 0 - u, u \in \mathcal{R}. \end{cases}$$
 Обидві отримані прямі непаралельні і лежать у другій площині, а тому перетинаються в одній

точці. Таке дослідження сприяє цілісному сприйняттю математики, розумінню алгебраїчної задачі з геометричною інтерпретацією. При профільному вивченні математики, якщо учні знайомі з цими методами, розв'язок системи можна отримати методом Гаусса, за формулами Крамера чи матричним способом.

Розглянемо спосіб розв'язання задачі (з використанням теореми Вієта):  $x - 2y + 4z - 8 = 0$ , позначимо  $-2 = t$ , тоді маємо  $x + ty + t^2z + t^3 = 0$ , що можна інтерпретувати, як деякий многочлен третього степеня відносно  $t$ :  $f(t) = t^3 + t^2z + ty + x$ , невідомі  $x, y, z$  відіграють роль параметрів, причому  $-2 \in \mathcal{R}$  є коренем цього многочлена. Друга рівність  $x + 3y + 9z + 27 = 0$  свідчить, що  $t = 3 \in \mathcal{R}$  є коренем цього многочлена; з рівняння  $x - 5y + 25z - 125 = 0$  маємо  $t = -5 \in \mathcal{R}$  є коренем цього многочлена третього степеня. Тому многочлен  $f(t) = 1 \cdot (t - (-2)) \cdot (t - 3) \cdot (t - (-5)) = (t + 2)(t - 3)(t + 5)$ . Оскільки:  $f(t) = t^3 + t^2z + ty + x$ , то за теоремою Вієта, тобто  $x$ , є добутком коренів  $-2; 3; -5$ , взятим зі знаком мінус:  $x = -30$ , коефіцієнт при першому степені змінної  $t$ , тобто  $y$ , є сумою добутків коренів, взятих по два:  $y = (-6) + (-15) + 10 = -11$ ,  $y = -11$ , коефіцієнт при другому степені змінної  $t$ , тобто параметр  $z$ , є сумою коренів, взятих зі знаком мінус  $z = -(-2 + 3 - 5) = 4$ .

Відповідь:  $x = -30, y = -11, z = 4$ .

У позаурочний час в класах з профільним вивченням математики можна познайомити учнів з визначником Вандермонда, який маємо у попередній задачі, що сприятиме розширенню математичного кругозору школярів.

**4.5.** Нехай  $x_1, x_2$  – корені многочлена  $f(x) = x^2 - 2\sqrt{3}x - 1$ . Обчисліть  $\arctg x_1 + \arctg x_2$ .

Рівняння  $x^2 - 2\sqrt{3}x - 1 = 0$  має два корені. За теоремою Вієта маємо  $x_1 + x_2 = 2\sqrt{3}, x_1 x_2 = -1$ .

Функція  $f(x) = x^2 - 2\sqrt{3}x - 1 \in \mathcal{R}$  є неперервною,  $f(-1) > 0, f(0) < 0$ , а тому на проміжку  $(-1; 0)$  є корінь;  $f(1) < 0, f(4) > 0$ , на проміжку  $(1; 4)$  є корінь. Висновок:  $x_1 \in (-1; 0); x_2 \in (1; 4)$ . А тому  $\arctg x_1 \in \left(-\frac{\pi}{4}; 0\right)$ ;  $\arctg x_2 \in \left(\frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2}\right)$ , а сума  $\arctg x_1 + \arctg x_2 \in \left(0; \frac{\pi}{2}\right)$ .

Обчислимо тангенс цього кута:  $\operatorname{tg}(\arctg x_1 + \arctg x_2)$ , скористаємося формулою тангенса суми, отримаємо:

$$\operatorname{tg}(\arctg x_1 + \arctg x_2) = \frac{\operatorname{tg}(\arctg x_1) + \operatorname{tg}(\arctg x_2)}{1 - \operatorname{tg}(\arctg x_1) \cdot \operatorname{tg}(\arctg x_2)} = \frac{x_1 + x_2}{1 - x_1 x_2} = \frac{2\sqrt{3}}{1 - (-1)} = \sqrt{3}.$$

Єдиний кут з проміжку  $\left(0; \frac{\pi}{2}\right)$ , тангенс якого дорівнює  $\sqrt{3}$ , є кут  $\frac{\pi}{3}$ .

Відповідь:  $\arctg x_1 + \arctg x_2 = \frac{\pi}{3}$ .

**4.6.** Нехай  $x_1, x_2$  – корені рівняння  $2023x^2 - 2024x - 1 = 0$ . Обчисліть  $\arctg x_1 + \arctg x_2$ .

Відповідь:  $\frac{\pi}{4}$ .

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

У статті розглянуто методичні особливості вивчення теми «Теорема Вієта» під час освітнього процесу, створено приклади задач краєзнавчого та практичного змісту, завдань внутрішньої та міжпредметної інтеграції різного рівня складності, що дозволяють всебічно вивчати цю базову теорему шкільного курсу математики як на рівні стандарту, так і на профільному чи поглибленому рівні, зокрема наведено і задачі з параметрами. Створення такої серії різнопланових завдань інтегрованого змісту з теми може бути корисним досвідом для молодих вчителів, котрі викладають математику у класах різного профілю, та студентів фізико-математичних факультетів, а тому продовження цієї теми вважаємо виправданим, на що плануємо спрямувати свої подальші дослідження.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Бевз, В.Г. (2004). Використання історичного матеріалу у навчанні елементарної математики майбутніх учителів. *Дидактика математики: проблеми і дослідження*, 22, 62-68.
- Ботузова, Ю.В. (2020). Забезпечення наступності навчання математики при підготовці до розв'язування задач ЗНО методом оцінки. *Фізико-математична освіта*, 3-2 (25), 21-28.
- Botuzova, Y., Rizhniak, R., & Yaremenko, Y. (2022). The Role of the Integrated Image of the Problem Solving Method in the Realization of the Mathematics Teaching Continuity. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 14(4), 243-259.
- Бурда, М.І. (2014). Компетентнісна орієнтація змісту шкільних підручників з математики. *Проблеми сучасного підручника*, 14, 78-85.
- Васильєва, Д.В. (2018). Математичні задачі як засіб формування ключових компетентностей учнів. *Проблеми сучасного підручника*, 21, 83-91.
- Ізюмченко, Л.В., Ключник, І.Г., & Гаєвський, М.В. (2020). Організація навчальної діяльності учнів профільних класів (на прикладі інтегрованих завдань високого рівня з математики). *Вісник Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького. Серія: "Педагогічні науки"*, 3, 187-192.
- Matiash, O., Mykhailenko, L., Shvets, V., & Shkolnyi, O. (2021). Educational environment as a form for development of math teachers' methodological competence. *Mathematics and Informatics*, 64(5), 520-531.
- Miier, T., & Holodiuk, L. (2019). Didactic Triadas—Learning—Teaching—Management in the Context of Realization in the Educational Process of Innovative Author's Novations. *The Actual Problems of the World Today*. London: Sciencsee Publishing is part of SCIEMCCE, 2, 140-151.
- Прус, А.В., & Швець, В.О. (2018). Розвиток дослідницьких умінь учнів у процесі розв'язування завдань із параметрами. *Science and Education a New Dimension. Pedagogy and Psychology*, VI (64), 49-52.

10. Tarasenkova, N., Akulenko, I.A., Burda, M., & Hnezdilova, K. (2020). Factors Affecting Techniques of Teaching Theorem Proof. *Universal Journal of Educational Research*, 508-519.
11. Чашечникова, О.С. (2011). Розвиток творчого мислення учнів під час навчання математики. Проблема діагностики. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*, 1 (11), 217-226.

---

**REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)**

---

1. Bevz, V.H. (2004). Vykorystannia istorichnoho materialu u navchanni elementarnoi matematyky maibutnikh uchyteliv [The use of historical material in teaching elementary mathematics to future teachers]. *Dydaktyka matematyky: problemy i doslidzhennia*, 22, 62-68 (in Ukrainian).
2. Botuzova, Yu.V. (2020). Zabezpechennia nastupnosti navchannia matematyky pry pidhotovtsi do rozviazuvannia zadach ZNO metodom otsinky [Correcting grammar issues: Ensuring the continuity of mathematics education in preparation for solving problems in external examinations through the evaluation method]. *Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education*, 3-2 (25), 21-28 (in Ukrainian).
3. Botuzova, Y., Rizhniak, R., & Yaremenko, Y. (2022). The Role of the Integrated Image of the Problem Solving Method in the Realization of the Mathematics Teaching Continuity. *Revista Romaneasca Pentru Educatie Multidimensionala*, 14(4), 243-259.
4. Burda, M.I. (2014). Kompetentnisna oriientatsiia zmistu shkilnykh pidruchnykiv z matematyky [Competency orientation in the content of school textbooks on mathematics]. *Problemy suchasnoho pidruchnyka*, (14), 78-85 (in Ukrainian).
5. Vasylieva, D.V. (2018). Matematychni zadachi yak zasib formuvannia kliuchovykh kompetentnostei uchniv. [Mathematical problems as a means of forming key competences in students] *Problemy suchasnoho pidruchnyka*, (21), 83-91 (in Ukrainian).
6. Iziymchenko, L.V., Kliuchnyk, I.H., & Haievskiy, M.V. (2020). Orhanizatsiia navchalnoi diialnosti uchniv profilnykh klasiv (na prykladi intehrovanykh zavdan vysokoho rivnia z matematyky) [Organization of educational activities for students in specialized classes (using the example of integrated tasks at a high level in mathematics)]. *Visnyk Cherkaskoho natsionalnoho universytetu imeni Bohdana Khmelnytskoho. Seriia: "Pedagogichni nauky"*, (3), 187-192 (in Ukrainian).
7. Matiash, O., Mykhailenko, L., Shvets, V., & Shkolnyi, O. (2021). Educational environment as a form for development of math teachers' methodological competence. *Mathematics and Informatics*, 64(5), 520-531.
8. Miier, T., & Holodiuk, L. (2019). Didactic Triadas–Learning–Teaching–Management in the Context of Realization in the Educational Process of Innovative Author's Novations. The Actual Problems of the World Today. London: *Sciemcee Publishing is part of SCIEEMCEE*, 2, 140-151.
9. Prus, A.V., & Shvets, V.O. (2018). Rozvytok doslidnytskykh umin uchniv u protsesi rozviazuvannia zavdan iz parametramy. Science and Education a New Dimension [Development of students' research skills in the process of solving tasks with parameters]. *Pedagogy and Psychology*, VI (64), 49-52 (in Ukrainian).
10. Tarasenkova, N., Akulenko, I.A., Burda, M., & Hnezdilova, K. (2020). Factors Affecting Techniques of Teaching Theorem Proof. *Universal Journal of Educational Research*, 508-519.
11. Chashechnykova, O.S. (2011). Rozvytok tvorchoho myslennia uchniv pid chas navchannia matematyky. Problema diahnostyky [Development of students' creative thinking during mathematics education - The problem of diagnosis]. *Pedagogichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii*, 1 (11), 217-226 (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 29.03.2024р.

## ДОМАШНІЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПО ВИЗНАЧЕННЮ ВІДНОШЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТЕЙ $C_p/C_v$ ДЛЯ ПОВІТРЯ

Сергій ПОДЛАСОВ ✉

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна  
s.podlasov@kpi.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Андрій СНАРСЬКИЙ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна  
a.snarskii@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4468-4542>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Важливе значення для майбутніх інженерів має уміня проводити експериментальні дослідження та опрацювати їх результати. В умовах дистанційного навчання перед викладачами постає проблема розробки завдань для експериментальних досліджень, які студенти можуть проводити вдома, використовуючи доступне обладнання. Одним з таких досліджень може бути визначення показника степеня адіабати газу за результатами вимірювання швидкості звуку.

**Матеріали та методи.** Для досягнення поставленої мети дослідження використано аналіз навчальної програми курсу «Загальна фізика для бакалаврів інженерних спеціальностей», огляд методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з розділу «Коливання і хвилі» курсу фізики технічних ЗВО, огляд літератури за темою дослідження. Підготовлене обладнання та програмне забезпечення дозволили провести апробацію методики визначення показника степеня адіабати повітря за знайденою в експерименті швидкістю звуку.

**Результати.** Швидкість звуку обчислювалася з використанням значень резонансної частоти для відкритих з обох кінців трубок різної довжини, а також корпусу кулькової ручки, циліндричної посудини (чайної кружки) та пляшки, яку можна вважати резонаторами Гельмгольца. Як виявилось, для надійної фіксації резонансної частоти у відкритих з обох кінців трубках в якості джерела звуку доцільно використовувати створений нами генератор імпульсно модульованої звукової частоти (ІМЗГ), а для збудження звуку в пляшці можна використовувати як ІМЗГ, так і технологію подібну до гри на флейті.

**Висновки.** В експериментах, проведених з різними об'єктами в якості резонаторів (пляшка, трубки різної довжини, кружка), було одержано значення швидкості звуку у повітрі в межах від 334 м/с до 352 м/с і відповідну величину показника степеня адіабати  $1,33 \leq \gamma \leq 1,45$ , що можна вважати достатньо хорошою оцінкою для повітря. Це дозволяє рекомендувати розглянуту методику визначення  $\gamma$  для застосування як у домашньому так і в аудиторному експерименті.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** домашній експеримент; швидкість звуку; відношення теплоємностей  $C_p/C_v$ .

## HOME EXPERIMENT TO DETERMINE THE SPECIFIC HEATS $C_p/C_v$ RATIO FOR AIR

Serhii PODLASOV ✉

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine  
s.podlasov@kpi.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Andrei SNARSKII

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine  
a.snarskii@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4468-4542>

Для цитування:	Подласов С., Снарський А. Домашній експеримент по визначенню відношення теплоємностей $c_p/c_v$ для повітря. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 28-32. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04</a>
	Подласов, С., & Снарський, А. (2024). Домашній експеримент по визначенню відношення теплоємностей $c_p/c_v$ для повітря. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(4), 28-32. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04</a>
For citation:	Podlasov, S., & Snarskii, A. (2024). Home experiment to determine the specific heat $c_p/c_v$ ratio for air. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 28-32. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04</a>
	Podlasov, S., & Snarskii, A. (2024). Domashnii eksperyment po vyznachenniu vidnoshennia teploiemnosti $c_p/c_v$ dlia povitria [Home experiment to determine the specific heats $c_p/c_v$ ratio for air]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 28-32. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-04</a>

HOME EXPERIMENT TO DETERMINE THE SPECIFIC HEAT  $C_p/C_v$  RATIO FOR AIR

Serhii PODLASOV ✉

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine  
 s.podlasov@kpi.ua  
<https://orcid.org/0000-0002-3947-4401>

Andrei SNARSKII

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Ukraine  
 a.snarskii@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-4468-4542>

## ABSTRACT

**Formulation of the problem.** Future engineers need to be able to conduct experimental research and process their results. In the conditions of distance learning, teachers face the problem of developing tasks for experimental research that students can perform at home using available equipment. One such research task can be determining the adiabatic index of a gas based on the results of measuring the speed of sound.

**Materials and Methods.** To achieve the research objective, we used the analysis of the curriculum of the course "General Physics for Bachelors of Engineering", a review of the methodological instructions for performing laboratory work in the section "Oscillations and Waves" of the physics course of technical universities, and a review of the literature on the research topic. The prepared equipment and software made it possible to test the methodology for determining the air adiabaticity index by the sound speed found in the experiment.

**Results.** The speed of sound was calculated using the resonant frequency values for tubes of different lengths, as well as the body of a ballpoint pen, a cylindrical vessel (tea mug), and a bottle, which can be considered Helmholtz resonators to some extent. As it turned out, for reliable fixation of the resonant frequency in the tubes open at both ends, it is advisable to use the pulse-modulated sound frequency generator (PMSG) created by us as a sound source. For exciting sound in a bottle, both the PMSG and a technique similar to playing the flute can be used.

**Conclusions.** Home experiments conducted with various objects used as resonators (a bottle, tubes of different lengths, a cup) allowed us to obtain values of the speed of sound in air ranging from 334 m/s to 352 m/s and a corresponding adiabatic index of  $1.33 \leq \gamma \leq 1.45$ . This can be considered a sufficiently good estimate for air when conducting home experiments.

**KEYWORDS:** home experiment; speed of sound; specific heats ratio  $C_p/C_v$ .

## ВСТУП

**Постановка проблеми.** У навчальних лабораторіях показник степеня адіабати повітря студенти ЗВО визначають за методом Клемана-Дезорма або ж обчислюють за результатами вимірювання швидкості звуку з використанням обладнання, подібного до того, що виготовляється фірмою PASCO (<https://intobr.kg/wp-content/uploads/2017/11/WA-9612.pdf>).

В умовах дистанційного навчання при виконанні експерименту в домашніх умовах швидкість звуку можна визначити за значеннями резонансної частоти для об'єктів, що виконують роль резонаторів. Резонаторами можуть бути різноманітні трубки, циліндрична посудина або ж звичайна пляшка з достатньо вузькою довгою горловиною, яку можна розглядати як резонатор Гельмгольца. Тому актуальним постає завдання розробки методичних вказівок та апробація методів та засобів, необхідних для виконання студентами домашнього дослідження по визначенню показника степеня адіабати за значенням швидкості звуку при певній температурі.

**Аналіз актуальних досліджень.** У науково-методичній літературі представлено достатньо багато експериментів з використанням нестандартного або саморобного обладнання по визначенню швидкості звуку. Так, в роботі Chiriacescu et al (2021) запропоновано записувати звук та відео і за цими записами визначити швидкість звуку. Coban A. & Coban N. (2020) описали експеримент з відкритою резонансною трубкою, оснащеною динаміком та датчиком звуку, який приєднаний до Arduino. Vargaña F. et al (2015) розробили метод визначення швидкості звуку за фігурами Ліссажу на екрані осцилографа

У домашньому експерименті для визначення швидкості звуку найчастіше використовують два методи: вимірювання часу проходження звуковою хвилею певної відстані за допомогою акустичного запуску та зупинки секундоміра у застосунок PhyPhox (<https://youtu.be/uoUm34CnHdE?si=-G9PRzesdhZ9Jl6r>) та визначення резонансних частот певних резонаторів. Принципові основи резонансних методів достатньо детально розглянуті Стретт (1955), Вовк & Гринченко (2010) та деяких інших.

Експерименти по визначенню швидкості звуку за резонансними частотами проводилися з використанням флейти Пана (Filho & Bastos, 2024), Torcal-Milla (2023), телескопічної труби пилососа Monteiro et al. (2022) та домашнього аналога резонатора Гельмгольца. Ці методи достатньо широко представлені в колективні монографії Kuhn & Vogt (2022).

**Мета статті** полягає в розробці та апробації методики домашнього експерименту по визначенню швидкості звуку та обчислення за її значенням відношення теплоємностей  $C_p/C_v$  повітря із застосуванням джерела, яке спонукає вимушені коливання в резонаторах, і надає можливість надійно виділяти корисний сигнал на фоні шуму.

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У газах швидкість звуку, який сприймає людське вухо, визначається як

$$v = \sqrt{\gamma \frac{RT}{M}}, \quad (1)$$

де  $\gamma = C_p/C_v$  – показник степеня адіабати,  $T$  – температура,  $M$  – молярна маса газу. З (1) маємо

$$\gamma = \frac{Mv^2}{RT}. \quad (2)$$

Таким чином, для визначення показника степеня адіабати газу з відомою молярною масою треба знати швидкість звуку при певній температурі.

Резонансне підсилення звуку може відбуватися при утворенні стоячої хвилі в трубці за умови, що пучність співпадає з її кінцем. В ідеальному випадку для відкритої з обох кінців трубки завдовжки  $L$  ця умова виконується, якщо

$$L = n\lambda/2 = nv/2f,$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі,  $v$  – швидкість звуку,  $f$  – частота,  $n$  – цілі числа ( $n = 1, 2, 3, \dots$ ). Необхідність урахування умов на кінцях труби зумовлює появу корегувального доданка і резонансні частоти  $f$  визначаються як

$$f = n \frac{v}{2(L+2\alpha)}, \quad (3)$$

де  $\alpha = kR$ , де  $R$  – радіус труби. У документації до обладнання фірми Pasco вказане емпіричне значення  $k = 0,8$ .

У випадку закритої з одного кінця труби умова резонансного підсилення амплітуди записується у вигляді:

$$f = n \frac{v}{4(L+\alpha)}. \quad (4)$$

Одним з найпростіших резонаторів, за результатами експерименту з яким можна обчислити швидкість звуку, є резонатор Гельмгольца. У домашньому експерименті роль такого резонатора виконує пляшка з вузькою довгою горловиною. Перший резонансний максимум у цьому випадку спостерігається на частоті

$$f_1 = \frac{v}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{VL'}}, \quad (5)$$

де  $v$  – швидкість звуку,  $S$  – площа перерізу горловини,  $V$  – об'єм порожнини,  $L' = L + b$  – ефективна довжина горловини, яка дорівнює сумі дійсної довжини  $L$  та корегувального коефіцієнта  $b$ , який враховує те, що в коливальному русі приймає участь не тільки повітря в горловині, але й поблизу неї. Згідно з Levine & Schwinger (1948)  $b = 0,73R$ , де  $R$  – радіус горловини.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для досягнення поставленої мети дослідження було проведено аналіз навчальних програм курсу «Загальна фізика для бакалаврів інженерних спеціальностей», огляд методичних вказівок до виконання лабораторних робіт з фізики до розділу «Коливання і хвилі», огляд літератури за темою дослідження. Підготовлене обладнання та програмне забезпечення дозволили провести апробацію методики визначення швидкості звуку і за одержаними результатами обчислити показника степеня адіабати повітря.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Проведення домашнього експерименту по визначенню швидкості звуку за значеннями резонансних частот вимагає наявності джерела звуку та можливості фіксації його амплітудно-частотної характеристики (АЧХ).

У домашньому експерименті фіксацію АЧХ зручно проводити за допомогою гаджетів, встановивши застосунком Spectroid (для ОС Android) або SignalScope X (для iPhone, iPad, Mac).

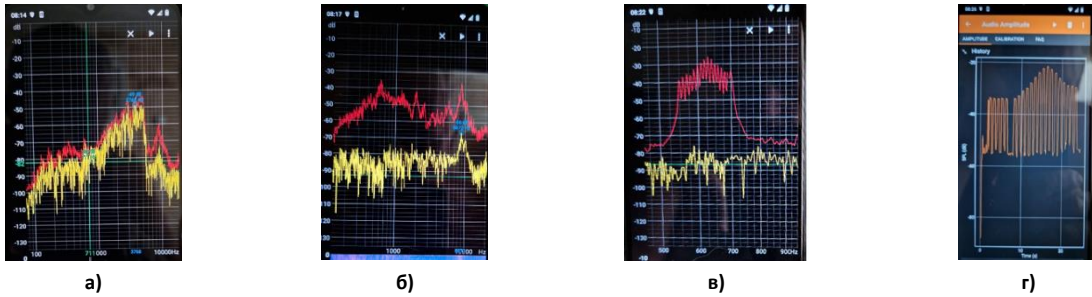
У застосунку Spectroid у верхній частині екрану відображаються АЧХ для миттєвих та максимальних значень інтенсивності сигналу, а в нижній частині (water fall) – її часовий розподіл. Частоти на АЧХ можна визначати, пересуваючи спеціальну маркерну лінію. При застосуванні розробленого нами генератора звукових сигналів (див. нижче) зручно фіксувати сигнали від резонаторів, користуючись підпрограмою «Audio amplitude» у застосунку PhyPhox.

Генерувати звук для визначення резонансних частот у різних елементах можна по різному. У резонаторі Гельмгольца (пляшці) або закритій з одного кінця трубці звук виникає, коли потік повітря напрямляється перпендикулярно до горловини («гра на флейті»). У всіх інших випадках доцільно збуджувати звукові хвилі за допомогою певного джерела. В якості такого джерела в роботі Hirth et al (2014) пропонується використовувати шелестіння паперу, який зминають, і вважати цей звук білим шумом, або ж використати опцію «Білий шум» універсального звукового генератора (<http://heliso.tripod.com/download/generator/dsg.htm>). Реально, обидва джерела мають нерівномірний розподіл амплітуди сигналу по діапазону частот, що ускладнює визначення резонансних частот.

Для збудження звукових хвиль при дослідженні АЧХ резонаторів нами була створена програма генератора імпульсів звукових сигналів з використанням HTML5 та мови Java Script. Вибір мови програмування зумовлений тим, що генератор повинен працювати на будь-якому комп'ютері або мобільному гаджеті за наявності тільки браузера.

Програма генерує імпульси, в кожному з яких звук має певну частоту  $f_i$ , а частота у наступному імпульсі зростає на  $\Delta f$  відносно попереднього  $f_{i+1} = f_i + \Delta f$ , тобто це програма імпульсно модульованого звукового генератора (ІМЗГ), частота якого змінюється в заданому діапазоні. Інтерфейс програма дозволяє задавати діапазон зміни частоти, величину  $\Delta f$ , а також тривалості імпульсу звуку та проміжок між імпульсами. Застосування ІМЗГ дозволяє достатньо точно визначити резонансну частоту як за допомогою застосунку Spectroid, так і PhyPhox, завдяки можливості фіксувати АЧХ у вузькому діапазоні частот і зменшенні  $\Delta f$ . При цьому імпульсно модульований сигнал легко виділяти на фоні шуму (рис. 1).

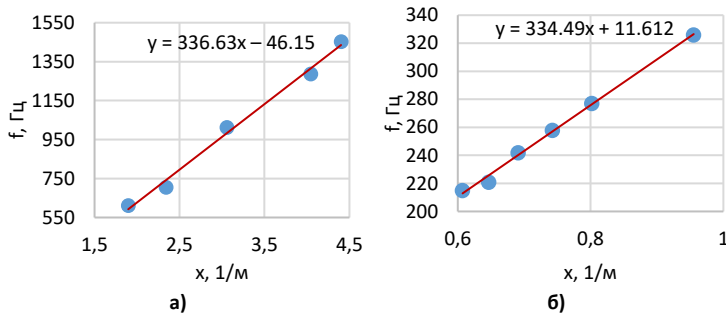
Визначення швидкості звуку і розрахунок показника степеня адіабати повітря можна сформулювати у вигляді домашньої лабораторної роботи або домашнього експериментального завдання.



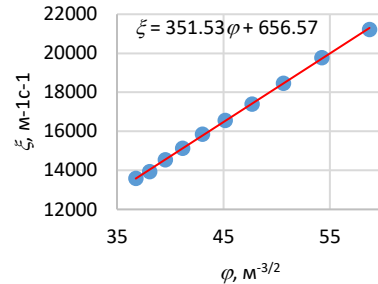
**Рис. 1.** Копії екрану застосунків Spectroid (а, б, в) та PhyPhox (г) при дослідженні залежності амплітуди звуку від частоти. Блакитні цифри – значення амплітуди в максимумі, вертикальна зелена лінія – маркер. Збудження звуку: а) генератором білого шуму (<http://heliso.tripod.com/download/generator/dsq.htm>); б) дуттям («грою на флейті»); в) імпульсним генератором звуку при зміні частоти  $\Delta f = 10$  Гц. Джерело: авторська розробка.

В якості домашньої лабораторної роботи студентам можна запропонувати визначити швидкість звуку, досліджуючи залежність резонансної частоти від довжини трубки. Трубки різної довжини легко виготовити з паперу, намотуючи його на трубку певного діаметра або ж використовуючи телескопічну трубу для пилососа.

За результатами дослідів з трубками, які відкриті з двох кінців, необхідно побудувати графік залежності резонансної частоти головного максимуму ( $n = 1$  у виразі (3)) від  $x = 1/2(L + 2a)$ . Нахил цієї залежності чисельно дорівнює швидкості звуку (рис. 2). При температурі дослідження розрахована за формулою (1) швидкість звуку повинна бути 343 м/с, отже похибка її визначення з даних експерименту не перевищує 2,5 %.



**Рис. 2.** Залежність частоти головного максимуму АЧХ від  $x = 1/2(L + 2a)$  для відкритих з обох кінців: а) саморобних паперових трубок; б) телескопічної труби пилососа. Точки – експеримент, суцільна лінія – лінія тренду MS Excel. Джерело: авторська розробка.



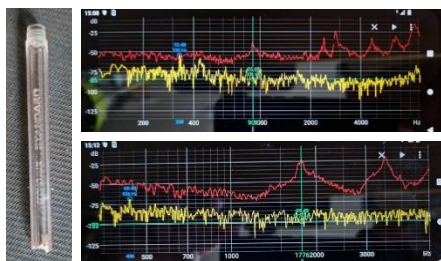
**Рис. 3.** Залежність  $\xi = 2\pi f_1 \sqrt{L'/S}$  від  $\phi = 1/\sqrt{V}$  для пляшки, яка поступово заповнюється водою. Точки – експериментальні значення, лінія – лінія тренду MS Excel. Джерело: авторська розробка.

Ще однією домашньою лабораторною роботою може бути визначення резонансних частот пляшки при її поступовому заповненні водою. Для коректного розрахунку резонансних частот пляшка має бути циліндричною з достатньо довгою горловиною. При цьому об'єм, який залишається не заповненим водою, має бути більшим за об'єм повітря в горловині.

Для пляшки («резонатора Гельмгольца») з формули (5) графік  $\xi = 2\pi f_1 \sqrt{L'/S}$  залежно від  $\phi = 1/\sqrt{V}$  являє собою пряму, кутовий коефіцієнт якої дорівнює швидкості звуку (рис. 3). При температурі дослідження 301 К розрахована швидкість звуку має бути 347 м/с, тобто похибка експериментального її визначення становить 1,2 %.

Завданням домашнього експерименту може бути визначення резонансної частоти для відкритої з обох кінців трубки, наприклад, тієї, що використовується для намотки побутової фольги. За результатами проведеного нами дослідження швидкість звуку становить 340 м/с, при обчисленому за формулою (1) значенні 343 м/с.

Як домашнім, так і аудиторним експериментальним завданням може бути визначення резонансних частот відкритої з двох кінців, чи закритої з одного кінця трубки. Для такого експерименту зручно використати корпус кулькової ручки. Звук у такій трубці збуджується потоком повітря, а АЧХ фіксується програмою Spectroid (рис. 4). Навіть за результатами такого простого експерименту вдається визначити швидкість звуку, яка відповідно до даних на рис. 4 становить 339 м/с при температурі 294 К.



**Рис. 4.** Корпус кулькової ручки та АЧХ для відкритої з одного кінця (вгорі) та відкритої з обох кінців (внизу) трубки. Джерело: авторська розробка.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Використання легко доступних резонаторів, таких як різноманітні трубки, циліндрична посудина, пляшка дозволяє в домашніх умовах визначати швидкість звуку і використати її для обчислення показника степеня адіабати повітря. Розглянуті методи можуть бути покладені в основу як домашніх лабораторних робіт так і експериментальних завдань для домашньої та аудиторної роботи студентів.

Апробація методів збудження звуку показала, що найбільш точно резонансні частоти можуть бути визначені при застосуванні імпульсно модульованого звукового сигналу, який створюється розробленим нами генератором.

За результатами дослідів з усіма розглянутими в роботі резонаторами швидкість звуку не більше ніж на 3 % відрізняється від розрахованого по формулі (1) значення для температури, при якій проводився експеримент, отже й похибка обчислення показника степеня адіабати  $\gamma$  для повітря не більше ніж на 5 – 6 % відрізняється від її значення для двохатомного газу.

Результати проведеного дослідження дозволяють рекомендувати застосовувати експериментальне визначення значення швидкості звуку для обчислення показника степеня адіабати  $\gamma$  як при дистанційному навчанні, так і аудиторному, користуючись технологією BYOD.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у вивченні можливостей студентів реалізувати експериментальне визначення швидкості звуку та значення  $\gamma$  в домашньому експерименті.

Деякі рисунки, які не включені до тексту статті, [можна подивитися за посиланням](#).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вовк, И. В., & Гринченко, В. Т. (2010). *Звук, рожденный потоком (очерк об аэрогидродинамической акустике)*. Киев: Наукова думка.
2. Стретт, Дж. В. (Лорд Рэлей). (1955). *Теория звука*, т.1, М.
3. Baraúna, F., Furtado, J., & Perez, S. (2015). Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 37 (3), 3310. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173731909>.
4. Chiriacescu, F. S., Chiriacescu, B., Miron, C., Berlic, C., & Barna, V. (2021). Acoustic resonators – a method for online study in determining the speed of sound in air. *Romanian Reports in Physics*, 73 (2), 904. <https://rrp.nipne.ro/2021/AN73904.pdf>
5. Coban, A., & Coban, N. (2020). Using Arduino in physics experiments: determining the speed of sound in air. *Physics Education*, 55 (4), 043005. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab94d6>.
6. Filho, L. A. C., & Bastos, R. O. (2024). Teaching physics remotely: determining the speed of sound in the air using a pan flute. *Physics Education*, 59 (3), 035012. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad2f61>.
7. Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, 49(4), 412. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/41>.
8. Kuhn, J., & Vogt, P. (2022). *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7>
9. Levine, H., & Schwinger, J. (1948). On the radiation of sound from an unflanged circular pipe. *Phys. Rev.* 73(4).
10. Monteiro, M., Stari, C., & Martí, A. C. (2022) A home-lab experiment: resonance and sound speed using telescopic vacuum cleaner pipes *arXiv:2208.02671v1 [physics.ed-ph]* 4 Aug 2022 <https://arxiv.org/pdf/2208.02671>
11. Torcal-Milla, F. J. (2023). Measuring the speed of sound with a pan flute and a smartphone: a half-melodic and totally-didactic experiment. (2023) *Physics Education*, 58 (5), 055010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ace581>.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Vovk, Y. V., & Hrynchenko, V. T. (2010). *Zvuk, rozhdenyyi potokom (ocherk ob aérohydrodynamicheskoi akustike) [Sound born by flow (an essay on aerohydrodynamic acoustics)]*. Kyiv: Naukova dumka. (in Russian).
2. Strett, J. V. (Lord Rayleigh). (1955). *Teoriya zvuka [Theory of sound]*, 1, M. (in Russian).
3. Baraúna, F., Furtado, J., & Perez, S. (2015). Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous. *Revista Brasileira de Ensino de Fisica*, 37 (3), 3310. <https://doi.org/10.1590/S1806-11173731909>.
4. Chiriacescu, F. S., Chiriacescu, B., Miron, C., Berlic, C., & Barna, V. (2021). Acoustic resonators – a method for online study in determining the speed of sound in air. *Romanian Reports in Physics*, 73 (2), 904. <https://rrp.nipne.ro/2021/AN73904.pdf>
5. Coban, A., & Coban, N. (2020). Using Arduino in physics experiments: determining the speed of sound in air. *Physics Education*, 55 (4), 043005. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab94d6>.
6. Filho, L. A. C., & Bastos, R. O. (2024). Teaching physics remotely: determining the speed of sound in the air using a pan flute. *Physics Education*, 59 (3), 035012. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad2f61>.
7. Hirth, M., Kuhn, J., & Müller, A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. *Physics Education*, 49(4), 412. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/41>.
8. Kuhn, J., & Vogt, P. (2022). *Smartphones as Mobile Minilabs in Physics*. Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-94044-7>
9. Levine, H., & Schwinger, J. (1948). On the radiation of sound from an unflanged circular pipe. *Phys. Rev.* 73(4).
10. Monteiro, M., Stari, C., & Martí, A. C. (2022) A home-lab experiment: resonance and sound speed using telescopic vacuum cleaner pipes *arXiv:2208.02671v1 [physics.ed-ph]* 4 Aug 2022 <https://arxiv.org/pdf/2208.02671>
11. Torcal-Milla, F. J. (2023). Measuring the speed of sound with a pan flute and a smartphone: a half-melodic and totally-didactic experiment. (2023) *Physics Education*, 58 (5), 055010. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ace581>.

Матеріал надійшов до редакції 12.07.2024р.



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

## МАТЕМАТИЧНІ ЗАДАЧІ В КОНТЕКСТІ ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ У МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРОЦЕДУР КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ

Ярослав ЧКАНА ✉

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, Україна  
chkana\_76@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-3667-3584>

Олена МАРТИНЕНКО

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка, Україна  
elenamartova21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-8287-0573>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** Пріоритетним завданням педагогів НУШ є адаптація і впровадження прогресивних методів навчання для забезпечення дослідницького характеру освітнього процесу. У цьому контексті підготовка майбутніх учителів математики передбачає не лише розвиток їхньої математичної компетентності, а й посилення уваги до формування критичного мислення, що є ключовою компетенцією в умовах глобалізації, цифровізації та інформаційного перевантаження суспільства. Дослідження ролі математичних задач для формування у майбутніх учителів математики процедур критичного мислення становить важливий напрям наукових розвідок.

**Матеріали і методи.** З метою вирішення поставленої проблеми було застосовано такі теоретичні методи як системний аналіз дослідницьких праць вітчизняних і зарубіжних учених, узагальнення та систематизація практичного досвіду.

**Результати.** У статті авторами уточнено етапи розв'язування математичних задач згідно з включеністю критичного мислення в цей процес, описано відповідні процедури критичного мислення на кожному з них. Розроблено класифікацію математичних задач на основі їх структури та рівнів задіяності критичного мислення, виділено чотири типи задач: репродуктивні, реактивні, продуктивні та креативні. До кожного типу наведено конкретні приклади формулювання математичних задач та вказано процедури критичного мислення при їх розв'язуванні.

**Висновки.** Застосування математичних задач різних типів, що відповідають рівню критичного мислення, забезпечить комплексний підхід до навчання і допоможе майбутнім учителям математики не лише здобути математичні знання, а й розвинути критичне мислення, необхідне для їхньої професійної діяльності. Запропонована класифікація задач дозволяє підбирати завдання відповідно до рівня підготовки та потреб кожного студента, що сприяє створенню індивідуальних освітніх траєкторій, підвищує мотивацію до навчання та допомагає усвідомлювати власні досягнення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** математична компетентність; процедури критичного мислення; математичні задачі; етапи розв'язування; класифікація математичних задач.

## MATHEMATICAL PROBLEMS IN THE CONTEXT OF THE CHALLENGE OF DEVELOPING CRITICAL THINKING PROCEDURES IN FUTURE MATHEMATICS TEACHERS

Yaroslav CHKANA ✉

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine  
chkana\_76@ukr.net  
<https://orcid.org/0000-0003-3667-3584>

Olena MARTYNENKO

Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko, Ukraine  
elenamartova21@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-8287-0573>

Для цитування:	Чкана Я., Мартиненко О. Математичні задачі в контексті проблеми формування у майбутніх учителів математики процедур критичного мислення. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 33-39. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05</a>
	Чкана, Я., & Мартиненко, О. (2024). Математичні задачі в контексті проблеми формування у майбутніх учителів математики процедур критичного мислення. <i>Фізико-математична освіта</i> , 39(4), 33-39. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05</a>
For citation:	Chkana, Ya., & Martynenko, O. (2024). Mathematical problems in the context of the challenge of developing critical thinking procedures in future mathematics teachers. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 33-39. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05</a>
	Chkana, Ya., & Martynenko, O. (2024). Matematychni zadachi v konteksti problemy formuvannya u maibutnix uchyteliv matematyky protsedur krytychnoho myslennia [Mathematical problems in the context of the challenge of developing critical thinking procedures in future mathematics teachers]. <i>Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 33-39. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-05</a>

## ABSTRACT

**Problem Statement:** The priority task of NUS educators is to adapt and implement progressive teaching methods to ensure the research-oriented nature of the educational process. In this context, training future mathematics teachers involves developing their mathematical competence and enhancing their critical thinking, which is crucial in the face of globalization, digitalization, and information overload. Investigating the role of mathematical problems in forming critical thinking procedures in future mathematics teachers is an important research direction.

**Materials and Methods:** To address the problem, theoretical methods such as system analysis of domestic and foreign research works, generalization, and systematization of practical experience were applied.

**Results:** The authors specify the stages of solving mathematical problems based on the involvement of critical thinking, describing the corresponding critical thinking procedures at each stage. A classification of mathematical problems based on their structure and levels of critical thinking engagement is developed, identifying four types: reproductive, reactive, productive, and creative. Specific examples of problem formulations and critical thinking procedures for solving them are provided for each type.

**Conclusions:** Using various types of mathematical problems corresponding to the levels of critical thinking ensures a comprehensive approach to teaching. It will help future mathematics teachers acquire mathematical knowledge and develop the critical thinking necessary for their professional activities. The proposed classification allows for selecting tasks according to each student's level of preparation and needs, fostering individualized educational trajectories, increasing motivation for learning, and helping students recognize their achievements.

**KEYWORDS:** *mathematical competence; critical thinking procedures; mathematical problems; problem-solving stages; classification of mathematical problems.*

## ВСТУП

**Постановка проблеми.** Концепція Нової української школи (НУШ) передбачає підготовку інтелектуальної, творчої та самостійної особистості, яка володіє такими ключовими компетенціями як критичне та систематичне мислення, креативність, ініціативність, здатність конструктивно вирішувати проблеми, оцінювати ризики та приймати важливі рішення (Нова українська школа). У зв'язку з цим, пріоритетним напрямом роботи вчителя Нової української школи є відбір, модифікація та модернізація прогресивних методів організації освітнього процесу для забезпечення його дослідницького характеру. У професійній підготовці майбутніх учителів математики це передбачає, зокрема, перенесення акцентів на активне формування їх математичної компетентності, оскільки математика є важливою складовою процесу розвитку зазначених компетенцій.

Дотепер при професійній підготовці майбутніх учителів математики у моделях формування їх математичної компетентності основний акцент було зроблено на розвиток математичного мислення. Проте, у сучасному світі, де освітні вимоги постійно змінюються, а цифрова та інформаційна грамотність мають все більший вплив, надзвичайно важливим є формування у студентів саме критичного мислення. Ця теза підтверджується і вимогами до якості освіти нової української школи, і результатами міжнародного дослідження PISA (Бичко, 2023). Отже, з урахуванням зазначених обставин, посилення уваги до розвитку критичного мислення майбутніх вчителів математики стає не лише необхідністю, але і стратегічним напрямком для підготовки висококваліфікованих педагогів, які зможуть ефективно працювати з учнями у сучасному освітньому середовищі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Під математичною компетентністю майбутніх учителів математики ми розуміємо «інтегральну якість особистості, яка заснована на сукупності математичних знань, умінь, навичок та досвіду, здобутих у процесі вивчення математичних дисциплін, і виявляється в здатності фахівця до застосування математичних знань і математичного інструментарію з метою ефективного здійснення своєї майбутньої професійної діяльності та готовності до фахової самоосвіти й самовдосконалення» (Чкана, 2023).

На основі порівняльного аналізу різних трактувань поняття критичного мислення в психології та педагогіці нами було його інтерпретовано як окремий тип мислення, який визначає цілеспрямовану продуктивну розумову діяльність, що характеризується здатністю людини окреслювати проблему, самостійно знаходити та аналізувати необхідну інформацію, обґрунтовувати свої думки, прагнути до пошуку оптимальних рішень, бути відкритим до сприймання інших поглядів (Чкана, 2023).

У статті (Чкана, 2023) обґрунтовано, що критичне мислення є однією із визначальних складових математичної компетентності майбутніх вчителів математики. Його формування – важливий напрям досліджень науковців усього світу. Зокрема, питання інтеграції критичного мислення у традиційні методи навчання математики, включаючи групові дискусії та проблемно-орієнтоване навчання, розглянуті в роботі (Sutama et al., 2022); дослідження (Putri et al., 2023) фокусувалися на оцінюванні рівня критичного мислення у студентів, ефективності різних педагогічних підходів та стимулюванні критичного аналізу і мислення через вирішення реальних проблем; використання інтерактивних технологій для його розвитку проаналізовано (Mafarja & Zulnadi, 2022; Pantiwati et al., 2023) вивчали інтеграцію критичного мислення у природничо-наукові дисципліни для покращення загальної навчальної успішності студентів, аналізували конкретні стратегії та методи викладання.

(Anderson & Krathwohl, 2001; Permani & Prabawanto, 2020; Salwah et al., 2020) підкреслюють, що критичне мислення обумовлює здатність визначати найефективніші методи розв'язування математичних задач, будувати математичні моделі, надавати переконливі аргументи або судження. (Purnamasari et al., 2021; Afriansyah et al., 2020) вважають критичне мислення необхідним для розуміння математичних концепцій та їх застосування, синтезу інформації й її оцінки, а Рохас та Бенаклі надають йому особливого значення при обґрунтуванні математичних тверджень (Rojas & Benakli, 2020).

Технологія розвитку критичного мислення в методичній підготовці майбутніх учителів математики досить ґрунтовно викладена в статті В. Бевз і Т. Годованюк (2019), де особливе місце та значення відводиться математичним

теоремам і задачам на доведення. Науковці М. Астаф'єва, Д. Бодненко, В. Прошкін (2019) стверджують, що саме «засоби геометрії можуть слугувати дієвим інструментарієм у формуванні критичного мислення майбутніх учителів математики» і наводять приклади використання інформаційних технологій задля підвищення ефективності цього процесу; О. Фонарюк, А. Прус (2021) висувають припущення, що його розвитку сприяють евристичні методи у взаємодії з інноваційним мисленням.

**Мета дослідження.** Узявши за основу класифікацію математичних проблем за їх структурою (Foong & Piñeiro) та етапи процесу розв'язування математичних задач G. Polya, виділити процедури критичного мислення та уточнити етапи розв'язування математичних задач в залежності від їх включеності у цей процес, запропонувати відповідну класифікацію математичних задач.

**МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Для досягнення мети дослідження були використані такі теоретичні методи як системний аналіз дослідницьких праць вітчизняних та зарубіжних учених, узагальнення та систематизація практичного досвіду.

**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

За висловом математика Пола Халмоса «серцем математики» є розв'язування задач, яке обумовлює використання логічних розумових дій, аналіз інформації, формулювання гіпотез, розробку стратегії розв'язання та перевірку правильності власних висновків, що, в свою чергу, дає підґрунтя для розвитку критичного мислення (Halmos, 1980).

У роботі G. Polya (1965) було структуровано процес розв'язування математичних задач і виділено його чотири основних етапи: розуміння проблеми, розробка плану, виконання плану та критична оцінка результатів. Критичне мислення присутнє при розв'язуванні практично всіх математичних задач різного рівня. На кожному з цих етапів задіяні різні процедури критичного мислення, що забезпечують ефективність і глибину аналізу та вирішення проблеми. У своїй книзі "Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking" (2002) Діана Халперн під процедурами критичного мислення розуміє певні методи та стратегії для розвитку та застосування критичного мислення у різних контекстах. Вони охоплюють широкий спектр когнітивних навичок, які можуть бути застосовані, починаючи від академічних досліджень і закінчуючи професійною діяльністю та особистими рішеннями. Авторка описує їх як систематичні та структуровані послідовності кроків або етапів, що сприяють ефективному аналізу, синтезу, оцінці інформації та ідей для прийняття обґрунтованих і зважених рішень (Halpern, 2002). До процедур критичного мислення в контексті розв'язування математичних задач ми відносимо (рис. 1).

**ПРОЦЕДУРИ КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ**

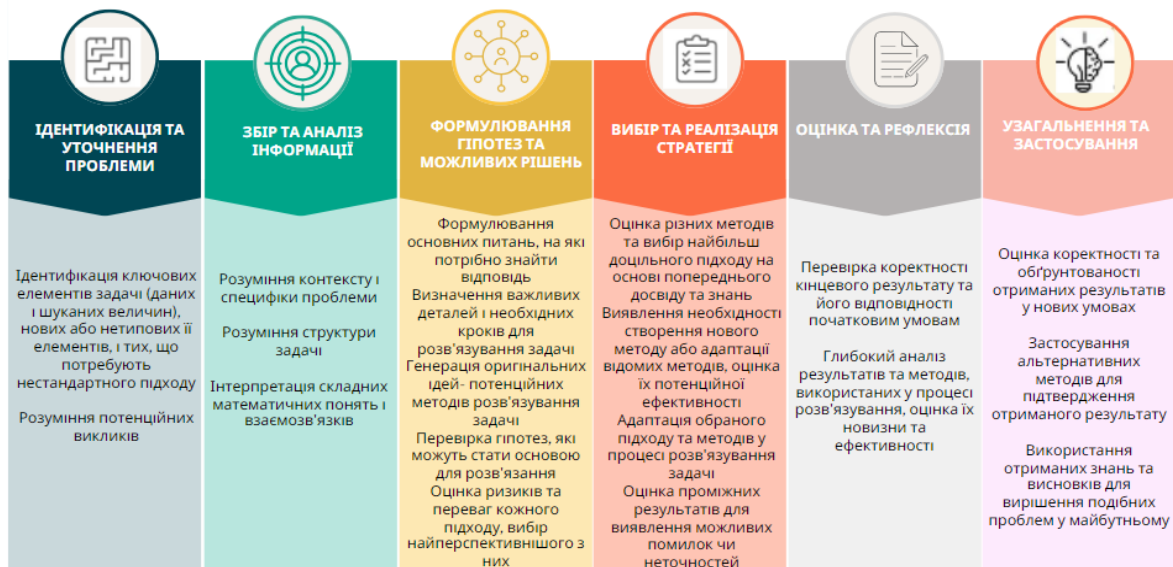


Рис. 1. Процедури критичного мислення в контексті розв'язування математичних задач

Джерело: авторська розробка.

Поділяючи погляди Polya, ми уточнюємо і пропонуємо такі етапи розв'язування математичних задач в залежності від включеності у цей процес процедур критичного мислення:

- 1) етап усвідомлення проблеми виявляється в здатності ідентифікувати математичну задачу, розуміти її складність, проводити аналіз умови задачі на встановлення відомих і невідомих даних та зв'язків між ними, оцінювати коректність задачі;
- 2) на етапі визначення стратегії розв'язання задачі відбувається пошук потенційних підходів та оцінка доцільності їх використання, розробляється план дій, обираються відповідні методи та алгоритми;
- 3) на етапі реалізації математичної моделі задачі застосовуються обрані математичні методи та алгоритми, виконуються необхідні обчислення, перевіряється логічність дій та встановлюється правильність отриманого результату;

4) на етапі *критичної рефлексії* проводиться ретельний аналіз процесу розв'язування задачі у контексті можливості узагальнень та варіативності розв'язків при зміні вихідних даних, оцінюються ефективність задіяної стратегії дій і можливі зв'язки між різними математичними теоріями.

Класифікація математичних проблем є важливим інструментом для систематизації та аналізу різноманітних математичних завдань. Цей підхід сприяє ідентифікації основних характеристик математичних задач, зокрема, їх структури, складності, типу розв'язку та взаємозв'язків з іншими математичними поняттями тощо.

Згідно з Foong та Piñeiro (2002) класифікація математичних проблем на основі їх структури визначає дві основні категорії: проблеми із закритою структурою та проблеми з відкритою структурою (рис 2). До першої групи належать задачі, що мають чітко визначені параметри, конкретні правила та обмеження. Вони можуть бути розв'язані за допомогою встановлених алгоритмів і їх відповіді, в більшості випадків, є однозначними. Задачі з відкритою структурою характеризуються більшою невизначеністю та відсутністю алгоритмів для їх вирішення. Вони можуть мати кілька можливих розв'язків або залишатися відкритими для дискусій та досліджень.

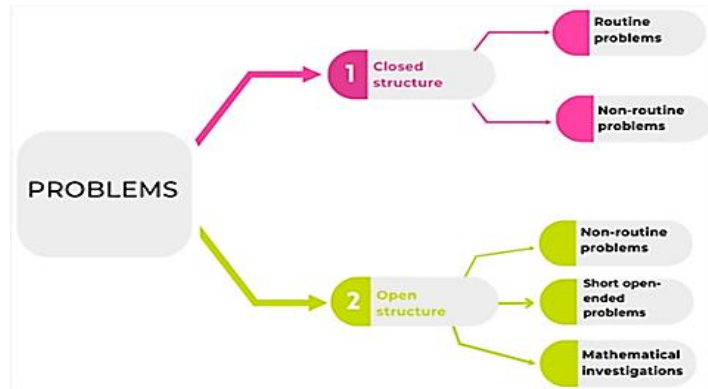


Рис. 2. Класифікація математичних проблем за Foong та Piñeiro

Джерело: Foong, 2002.

Моделювання стратегії професійної підготовки майбутніх учителів математики розпочинається з визначення основних очікуваних результатів навчання, які відповідають компетентнісним вимогам до фахівців. У цьому контексті можна розглядати різні класифікації математичних задач: за функціями у процесі навчання (дидактичні, пізнавальні та розвиваючі), за характером вимог (задачі на обчислення, на побудову, на доведення, текстові, комбінованого характеру), за змістом (на рух, на роботу, на частини, на відсотки та інші), за кількістю невідомих у структурі задач (навчальні, пошукові, проблемні), за відношенням до теорії (стандартні та нестандартні), за перевагою того чи іншого типу мислення (алгоритмічні, напівалгоритмічні та евристичні) тощо.

При створенні педагогічної системи професійної підготовки майбутніх учителів математики ми зосередимося на формуванні у них здатності сприяти розвитку критичного мислення учнів Нової української школи через розв'язування математичних задач. Відповідно до рівня задіяності критичного мислення ми пропонуємо класифікувати математичні задачі за такими категоріями (рис. 3).

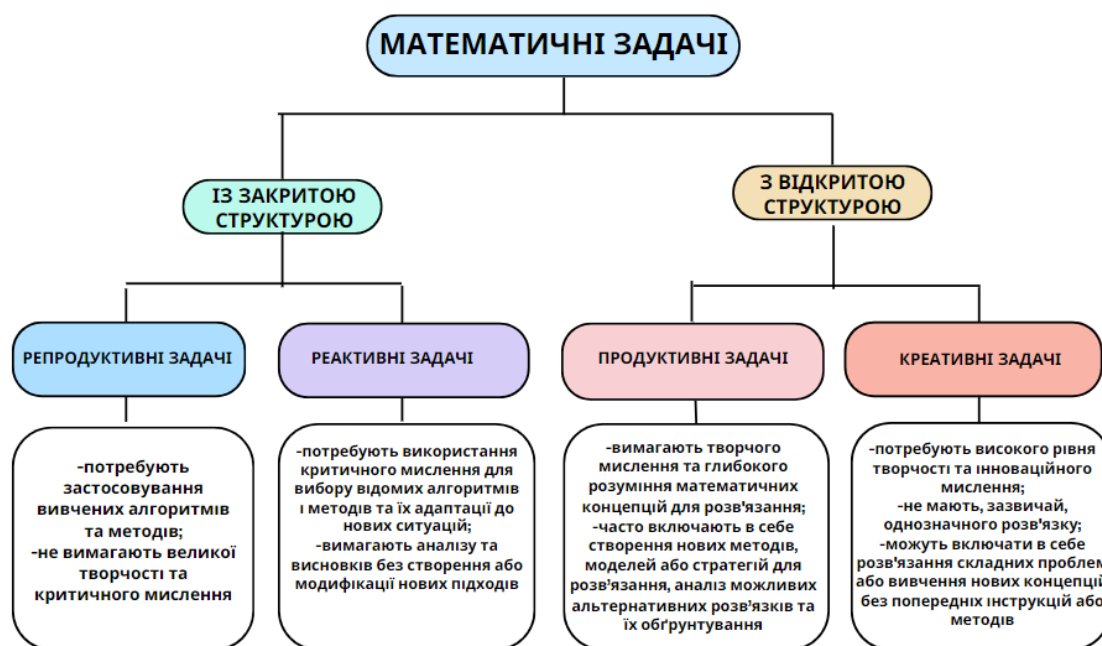


Рис. 3. Класифікація математичних задач відповідно до рівня задіяності критичного мислення

Джерело: авторська розробка.

На різних етапах вивчення математичної дисципліни перед студентами ставляться відповідні навчальні цілі, обумовлені рівнем їхньої математичної підготовки, сформованістю математичного та критичного мислення й індивідуальними потребами. Відповідно до цього наведена нами класифікація дозволяє створювати адаптовані математичні завдання, які на конкретному етапі навчання належним чином забезпечать прогнозований результат. Слід враховувати, що не всі математичні задачі чітко відповідають зазначеним у класифікації критеріям, втім вона надає загальну рамку для розуміння складності завдань та вимог до критичного мислення при їх розв'язуванні. Крім того, сама постановка математичної задачі та її формулювання повинні сприяти залученню розумових дій, спрямованих на розвиток критичного мислення. Такі задачі можуть ставити перед студентом конкретну проблему, залучати до аналізу різних аспектів проблеми з вибором оптимального рішення, спонукати до переосмислення інформації та перевірки її достовірності, сприяти пошуку різних підходів до розв'язання проблеми та оцінки їх ефективності, викликати зацікавленість та бути дещо провокативними. Зокрема, їх формулювання можуть містити такі словосполучення:

- «Дослідіть ...»,
- «Порівняйте два різних методи розв'язання цієї задачі та обґрунтуйте свій вибір»,
- «Перевірте правильність твердження»,
- «Знайдіть помилку у доведенні»,
- «Знайдіть ще один спосіб доведення твердження»,
- «Які наслідки матиме зміна параметрів в умові задачі?»
- «Як можна використати цей результат у контексті ...?»
- «Які ризики ви бачите при використанні цього методу?»
- «Які переваги та недоліки має запропонований метод?»
- «Оцініть коректність отриманого розв'язку» тощо.

Наведемо приклади задач математичного аналізу з теми «Визначений інтеграл та його обчислення», що відповідають запропонованій нами класифікації (таблиця 1).

Таблиця 1. Приклади задач з математичного аналізу відповідно до рівня задіяності критичного мислення

Назва	Задача	Задіяність критичного мислення
Репродуктивна	Обчислити інтеграл $\int_0^2  1-x  dx$ , $\int_0^\pi \sqrt{\frac{1+\cos 2x}{2}} dx$ . Які ризики ви бачите при їх обчисленні?	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ідентифікація ключових елементів задачі (даних і шуканих величин);</li> <li>– визначення важливих деталей і необхідних кроків для розв'язання задачі;</li> <li>– оцінка різних методів та вибір найбільш доцільного підходу на основі попереднього досвіду та знань;</li> <li>– оцінка коректності та обґрунтованості отриманих результатів</li> </ul>
Реактивна	Обчислити інтеграл $\int_0^5 \sqrt{25-x^2} dx$ , використовуючи його геометричний зміст. Які переваги та недоліки має запропонований метод? Оцініть коректність наведеного розв'язку та за необхідності знайдіть помилку у розв'язанні: $\int_{-1}^1 \frac{dx}{x^2} = -\frac{1}{x} \Big _{-1}^1 = -2$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ідентифікація нових або нетипових елементів задачі;</li> <li>– розуміння контексту та специфіки проблеми;</li> <li>– аналіз різних методів і вибір найбільш доцільного підходу на основі аналізу нових умов;</li> <li>– модифікація методів для адаптації до нових умов;</li> <li>– оцінка коректності та обґрунтованості отриманих результатів у нових умовах;</li> <li>– застосування альтернативних методів для підтвердження отриманого результату</li> </ul>
Продуктивна	Знайти границю $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\int_0^{x^2} \sin \sqrt{t} dt}{x^3}$ . Визначте стратегію розв'язання та обґрунтуйте її вибір.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ідентифікація ключових елементів задачі, що потребують нестандартного підходу, розуміння потенційних викликів;</li> <li>– виявлення необхідності створення нового методу або адаптації відомих методів, оцінка їх потенційної ефективності;</li> <li>– оцінка проміжних результатів для виявлення можливих помилок чи неточностей;</li> <li>– перевірка коректності кінцевого результату та відповідності початковій умові;</li> <li>– оцінка новизни та ефективності створеного методу</li> </ul>
Креативна	Обчислити границю $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \left( \sin \frac{\pi}{n} + \sin \frac{2\pi}{n} + \dots + \sin \frac{(n-1)\pi}{n} \right)$ . Знайдіть принаймні дві стратегії розв'язування, оцініть ризики використання кожної з них. Що зміниться, якщо в умові задачі змінити синус на косинус? Відповідь обґрунтуйте.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– виявлення ключових аспектів задачі, які потребують нестандартного підходу;</li> <li>– розуміння структури задачі, інтерпретація складних математичних понять і взаємозв'язків;</li> <li>– формулювання основних питань, на які потрібно знайти відповідь;</li> <li>– генерація оригінальних ідей, які можуть бути потенційними методами розв'язування задачі;</li> <li>– перевірка гіпотез, які можуть стати основою для розв'язання;</li> <li>– оцінка ризиків та переваг кожного підходу, вибір найперспективнішого з них;</li> <li>– адаптація обраного підходу та методів у процесі розв'язування задачі;</li> <li>– глибокий аналіз результатів та методів, використаних у процесі розв'язання, оцінка їх новизни та ефективності</li> </ul>

Джерело: авторська розробка.

## ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Включення математичних задач різних типів відповідно до рівня задіяності критичного мислення у навчальний процес забезпечить комплексний підхід до навчання, допоможе майбутнім учителям математики не лише оволодіти математичними знаннями, але й розвинути у них навички критичного мислення, необхідні для професійної діяльності. Запропонована нами у статті класифікація задач дає можливість підбирати завдання відповідно до рівня підготовки та потреб кожного студента, що сприяє створенню індивідуальних освітніх траєкторій, підвищує мотивацію до навчання та забезпечує усвідомлення власних досягнень.

Раніше нами була упроваджена у процес професійної підготовки майбутніх учителів математики технологія навчання за робочим зошитом з певних розділів математичного аналізу. В подальших дослідженнях ми плануємо адаптувати її з акцентом на формування та розвиток у студентів критичного мислення через розв'язування математичних задач.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Afriansyah, E. A., Herman, T., Turmudi, & Dahlan, J. A. (2020). Mendesain Soal Berbasis Masalah untuk Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Calon Guru. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 239-250. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i2.649>
2. Anderson, L., & Krathwohl, D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing; A Revision of Bloom's Taxonomy of Education Objective*. New York: Addison Wesley Lonman Inc., pp.84
3. Foong, P.Y. (2002). The Role of Problems to Enhance Pedagogical Practices in the Singapore Mathematics Classroom. *Math. Educ.*, 6, 15–31.
4. Halmos, P. (1980). The heart of mathematics. *American Mathematical Monthly*, 87(7), 519 – 524.
5. Halpern, D. F. (2002). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking*, Routledge.
6. Mafarja, N., & Zulnaidi, H. (2022). Relationship between critical thinking and academic self- concept: An experimental study of reciprocal teaching strategy. *Thinking Skills and Creativity*, 45.
7. Ninkov, A., Frank, J. R., & Maggio, L. A. (2022). Bibliometrics: Methods for studying academic publishing. *Perspectives on Medical Education*, 11(33). <https://doi:10.1016/j.tsc.2022.101113>
8. Pantiwati, Y., Kusniarti, T., Permana, F., Nurrohman, E., & Sari, T. N. (2023). The Effects of The Blended Project-Based Literacy that Integrates School Literacy Movement Strengthening Character Education Learning Model on Metacognitive Skills, Critical Thinking, and Opinion Expression. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 145-158. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.145>
9. Permani, K., & Prabawanto, S. (2020). Analysis of Students' Mathematical Critical Thinking Based on Gender in the Topic of Linear Programming. *The 2nd International Conference on Elementary Education*, 2, 1882-1890.
10. Piñeiro, J.L., Pinto, E., & Díaz-Levicoy, D. (2015). Qué Es La Resolución de Problemas? *Boletín REDIPE*, 4, 6–14.
11. Polya, G. (1965). *How to Solve It*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA.
12. Purnamasari, A. I., Anwar, S., Martanto, Faqih, A., & Nuris, N. D. (2021). Classification of Critical Thinking in Mathematics using Particle Swarm Optimization based Neural Network Algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1088/1/012039>
13. Putri, A. S., Prasetyo, Z. K., Purwastuti, L. A., Prodjosantoso, A. K., & Putranta, H. (2023). Effectiveness of STEAM-based blended learning on students' critical and creative thinking skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 44-52. <http://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.22506>
14. Rojas, E., & Benakli, N. (2020). *Mathematical Literacy and Critical Thinking*. But, J. (eds), *Teaching College-Level Disciplinary Literacy*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39804-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39804-0_8)
15. Salwah., Ashari, N. W., & Ma'rufi. (2020). Mathematical Critical Thinking Ability of Students Grade VII in Solving One Variable Linear Equation Questions based on Their Cognitive Style. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012010>
16. Utama, Fuadi, D., Narimo, S., Hafida, S. H., Novtiasari, M., Anif, S., & Adnan, M. (2022). Collaborative mathematics learning management: Critical thinking skills in problem solving. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(3), 1015-1027.
17. Астаф'єва, М.М., Бодненко, Д.М., & Прошкін, В.В. (2019). Використання комп'ютерно орієнтованих засобів геометрії у процесі формування критичного мислення майбутніх учителів математики. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 71(3), 102-121.
18. Бевз, В., & Годованюк, Т. (2019). Технологія розвитку критичного мислення у методичній підготовці майбутніх вчителів математики. *Збірник наук. праць Уманського державного педагогічного університету*, 1, 29–38.
19. Бичко, Г., Вакулєнко, Т., Лісова, Т., Мазорчук, М., Терещенко, В., Раков, С., & Горох, В. (2023). Національний звіт за результатами міжнародного дослідження якості освіти PISA-2022 / за ред. В. Терещенка та І. Клименко; Український центр оцінювання якості освіти. Київ.
20. Нова українська школа: Концептуальні засади реформування середньої школи. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf>
21. Фонарюк, О.В., & Прус, А.В. (2021). Евристичні методи розвитку критичного мислення в майбутніх учителів математики. *Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах*, 75(3), 111-116.
22. Чкана, Я., & Мартиненко, О. (2023). Критичне мислення як важлива складова математичної компетентності майбутніх учителів математики. *Освіта. Інноватика. Практика*, 11(5), 102–107. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-015>

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Afriansyah, E. A., Herman, T., Turmudi, & Dahlan, J. A. (2020). Mendesain Soal Berbasis Masalah untuk Kemampuan Berpikir Kritis Matematis Calon Guru. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(2), 239-250. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v9i2.649>
2. Anderson, L., & Krathwohl, D. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing; A Revision of Bloom's Taxonomy of Education Objective*. New York: Addison Wesley Lonman Inc., pp.84
3. Foong, P.Y. (2002). The Role of Problems to Enhance Pedagogical Practices in the Singapore Mathematics Classroom. *Math. Educ.*, 6, 15–31.
4. Halmos, P. (1980). The heart of mathematics. *American Mathematical Monthly*, 87(7), 519 – 524.
5. Halpern, D. F. (2002). *Thought and Knowledge: An Introduction to Critical Thinking*, Routledge.
6. Mafarja, N., & Zulnaidi, H. (2022). Relationship between critical thinking and academic self- concept: An experimental study of reciprocal teaching strategy. *Thinking Skills and Creativity*, 45.
7. Ninkov, A., Frank, J. R., & Maggio, L. A. (2022). Bibliometrics: Methods for studying academic publishing. *Perspectives on Medical Education*, 11(33). <https://doi:10.1016/j.tsc.2022.101113>

8. Pantiwati, Y., Kusniarti, T., Permana, F., Nurrohman, E., & Sari, T. N. (2023). The Effects of The Blended Project-Based Literacy that Integrates School Literacy Movement Strengthening Character Education Learning Model on Metacognitive Skills, Critical Thinking, and Opinion Expression. *European Journal of Educational Research*, 12(1), 145-158. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.12.1.145>
9. Permani, K., & Prabawanto, S. (2020). Analysis of Students' Mathematical Critical Thinking Based on Gender in the Topic of Linear Programming. *The 2nd International Conference on Elementary Education*, 2, 1882-1890.
10. Piñero, J.L., Pinto, E., & Díaz-Levicoy, D. (2015). Qué Es La Resolución de Problemas? *Boletín REDIPE*, 4, 6–14.
11. Polya, G. (1965). *How to Solve It*; Princeton University Press: Princeton, NJ, USA.
12. Purnamasari, A. I., Anwar, S., Martanto, Faqih, A., & Nuris, N. D. (2021). Classification of Critical Thinking in Mathematics using Particle Swarm Optimization based Neural Network Algorithms. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1088/1/012039>
13. Putri, A. S., Prasetyo, Z. K., Purwastuti, L. A., Prodjosantoso, A. K., & Putranta, H. (2023). Effectiveness of STEAM-based blended learning on students' critical and creative thinking skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 44-52. <http://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.22506>
14. Rojas, E., & Benakli, N. (2020). Mathematical Literacy and Critical Thinking. But, J. (eds), *Teaching College-Level Disciplinary Literacy*. Palgrave Macmillan, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39804-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39804-0_8)
15. Salwah., Ashari, N. W., & Ma'rufi. (2020). Mathematical Critical Thinking Ability of Students Grade VII in Solving One Variable Linear Equation Questions based on Their Cognitive Style. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012010>
16. Utama, Fuadi, D., Narimo, S., Hafida, S. H., Novtiasari, M., Anif, S., & Adnan, M. (2022). Collaborative mathematics learning management: Critical thinking skills in problem solving. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(3), 1015-1027.
17. Astafieva, M.M., Bodnenko, D.M., & Proshkin, V.V. (2019). Vykorystannia kompiuterno oriientovanykh zasobiv heometrii u protsesi formuvannia krytychnoho myslennia maibutnikh uchyteliv matematyky [The use of computer-oriented tools of geometry in the process of forming critical thinking of future mathematics teachers]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information technologies and teaching aids*, 71(3), 102-121. (in Ukrainian).
18. Bezv, V., & Hodovaniuk, T. (2019). Tekhnolohiia rozvytku krytychnoho myslennia u metodychnii pidhotovtsi maibutnikh vchyteliv matematyky [Technology for the development of critical thinking in the methodical training of future mathematics teachers]. *Zbirnyk nauk. prats Umanskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu – Collection of sciences. Proceedings of the Uman State Pedagogical University*, 1, 29–38. (in Ukrainian).
19. Bychko, H., Vakulenko, T., Lisova, T., Mazorchuk, M., Tereshchenko, V., Rakov, S., & Horokh, V. (2023). Natsionalnyi zvit za rezultatamy mizhnarodnoho doslidzhennia yakosti osvity PISA-2022 [National report on the results of the international study of the quality of education PISA-2022]. *Ukrainskyi tsentr otsiniuvannia yakosti osvity*. Kyiv. (in Ukrainian).
20. Nova ukrainska shkola: Kontseptualni zasady reformuvannia serednoi shkoly [New Ukrainian school: Conceptual foundations of secondary school reform]. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/nova-ukrainska-shkola-compressed.pdf> (in Ukrainian).
21. Fonariuk, O.V., & Prus, A.V. (2021). Evrystychni metody rozvytku krytychnoho myslennia v maibutnikh uchyteliv matematyky [Heuristic methods of developing critical thinking in future mathematics teachers]. *Pedahohika formuvannia tvorchoi osobystosti u vyshchii i zahalnoosvitnii shkolakh – Pedagogy of creative personality formation in higher and secondary schools*, 75(3), 111-116. (in Ukrainian).
22. Chkana Ya., Martynenko O. Krytychne myslennia yak vazhlyva skladova matematychnoi kompetentnosti maibutnikh uchyteliv matematyky [Critical thinking as an important component of mathematical competence of future teachers of mathematics]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 2023. Vol.11, No5. S. 102-107. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol11i5-015>. (in Ukrainian).

Матеріал надійшов до редакції 13.06.2024р.



## ОГЛЯД ДИСЕРТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРО ІСТОРІЮ СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТКУ МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ МАТЕМАТИКИ В УКРАЇНІ

Карина ЯЩУК ✉

Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, Україна  
karin4uk@meta.ua  
<https://orcid.org/0009-0004-1957-9304>

### АНОТАЦІЯ

**Формулювання проблеми.** За більш як тридцять років незалежності України за спеціальністю 13.00.02 Теорія і методика навчання (математика) захищено більш як 400 дисертацій. А за спеціальністю 13.00.01 Загальна педагогіка та історія педагогіки захищено більш як 2100 дисертацій. З поміж усіх вказаних дисертацій лише 12 стосуються історії становлення та розвитку шкільної математичної освіти в Україні. Нині важливо збуджувати інтерес освітян та громадськості до національних методичних надбань, до педагогічних персоналій, методична спадщина яких, з різних причин, залишилася поза межами наукового аналізу. Модернізацію сучасної математичної освіти важливо здійснювати не розгубивши тих методичних принципів та надбань, якими багата нині українська методико-математична наука.

**Матеріали і методи.** Для виконання дослідження використано: дисертації українських дослідників про історію становлення та розвитку математичної освіти в Україні, які виконані в період з 1991 року по нинішній час. Аналіз, систематизація й узагальнення результатів досліджень відображених у відібраних нами дисертаціях українських авторів за науковими спеціальностями 13.00.02 Теорія і методика навчання (математика) та 13.00.01 Загальна педагогіка та історія педагогіки.

**Результати.** Проаналізована тематика більш як 2500 дисертацій. Відібрано 12 дисертацій, з висновками та рекомендаціями українських дослідників щодо історичних аспектів розвитку теорії та методики навчання математики в Україні. Проаналізовано зміст цих дисертацій, виокремлено основні наукові ідеї методичного характеру, основні висновки спроєктовано на сучасні освітні процеси.

**Висновки.** Реформування української школи, розвиток математичної освіти неможливо якісно здійснити без проведення науково-критичного аналізу багатого досвіду і результатів досліджень попередніх поколінь, без урахування національної специфіки і збереження кращих традицій і технологій, що сформувалися в умовах реального ефективного навчання математики в школах. Має зрости кількість історико-педагогічних досліджень, об'єктом яких є історичні аспекти розвитку цікавих методичних ідей, кращого українського досвіду навчання математики.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** теорія і методика навчання математики; тематика дисертацій; проблеми шкільної математичної освіти; історія розвитку.

## OVERVIEW OF DISSERTATION RESEARCH ON THE HISTORY OF THE ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT METHODS OF TEACHING MATHEMATICS IN UKRAINE

Карина YASHCHUK ✉

Vinnitsia Mykhailo Kotsyubynskyi State Pedagogical University, Ukraine  
karin4uk@meta.ua  
<https://orcid.org/0009-0004-1957-9304>

### ABSTRACT

**Formulation of the problem.** For more than thirty years of Ukraine's independence, more than 400 dissertations have been defended in the specialty 13.00.02 Theory and teaching methods (mathematics). More than 2,100 dissertations have been

Для цитування:	Ящук К. Огляд дисертаційних досліджень про історію становлення та розвитку методики навчання математики в Україні. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 40-45. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06</a>
For citation:	Yashchuk, K. (2024). Overview of dissertation research on the history of the establishment and development methods of teaching mathematics in Ukraine. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 40-45. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06</a> Yashchuk, K. (2024). Ohliad dysertatsiinykh doslidzhen pro istoriiu stanovlennia ta rozvytku metodyky navchannia matematyky v Ukraini [Overview of dissertation research on the history of establishment and development methods of teaching mathematics in Ukraine]. <i>Fyzyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 40-45. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-06</a>

defended in the specialty 13.00.01 General pedagogy and history of pedagogy. Among all these dissertations, only 12 relate to the history of the formation and development of school mathematics education in Ukraine. Nowadays, it is important to arouse the interest of educators and the public in national methodical heritage and pedagogical personalities whose methodical heritage, for various reasons, remained outside the boundaries of scientific analysis. It is essential to modernize modern mathematical education without losing the methodical principles and assets that Ukrainian methodical-mathematical science is rich in today.

**Materials and methods.** To carry out the research aim, the following were Ukrainian researcher's dissertations on the history of the formation and development of mathematics education in Ukraine, completed from 1991 to the present. Analysis, systematization, and generalization of research results reflected in theses of Ukrainian authors selected by us in scientific specialties 13.00.02 Theory and teaching methods (mathematics) and 13.00.01 General pedagogy and history of pedagogy.

**The results.** The topics of more than 2,500 dissertations were analyzed. 12 dissertations were selected, with conclusions and recommendations from Ukrainian researchers regarding the historical aspects of developing the theory and methodology of teaching mathematics in Ukraine. The content of these dissertations was analyzed, the main scientific ideas of a methodological nature were singled out, and the main conclusions were projected onto modern educational processes.

**Conclusions.** The reform of the Ukrainian school and the development of mathematics education cannot be qualitatively carried out without carrying out a scientific and critical analysis of the rich experience and research results of previous generations, without taking into account the national specificity and the preservation of the best traditions and technologies that were formed in the conditions of real effective teaching of mathematics in schools. The number of historical and pedagogical studies should increase, the object of which is the historical aspects of developing interesting methodical ideas, the best Ukrainian experience in teaching mathematics.

**KEYWORDS:** *theory and method of teaching mathematics; dissertation topics; problems of school mathematics education; development history.*

## ВСТУП

**Постановка проблеми.** Навіть поверхневий огляд розвитку теорії і методики навчання математики в Україні, дозволяє стверджувати, що маємо значну кількість методичних ідей, наукових розробок, практичних рекомендацій удосконалення шкільної математичної освіти, сучасний науковий аналіз яких, у контексті розбудови нової української школи, на нашу думку є актуальним. Серед напрямів досліджень у паспорті наукової спеціальності 13.00.02 Теорія і методика навчання (математика) першим вказано напрям - розвиток теорії та методики навчання математики в Україні. Більш глибокий аналіз наукових надбань української методичної науки за напрямом теорії і методики навчання математики, очевидно, варто розпочати із аналізу дисертаційних досліджень за тематикою, що стосується вказаного вище напрямку. За більш як тридцять років незалежності України за спеціальністю 13.00.02 Теорія і методика навчання (математика) в різних українських спеціалізованих вчених радах захищено більше як 400 дисертацій. Проаналізувавши тематику цих дисертацій, ми виявили, що лише три з них можна вважати такими, що стосуються напрямку - розвитку теорії та методики навчання математики в Україні. Зважаючи на з'ясоване, ми вважали необхідним проаналізувати тематику дисертацій наукової спеціальності 13.00.01 Загальна педагогіка та історія педагогіки. За роки незалежності України за вказаною спеціальністю в різних українських спеціалізованих вчених радах захищено більше як 2100 дисертацій. З поміж них ми виявили лише 9 дисертацій, які певним чином стосуються історії становлення та розвитку шкільної математичної освіти в Україні. Запорукою успішного впровадження сучасних українських освітніх реформ вважаємо вивчення та врахування вітчизняного досвіду, що не лише розширить джерельну базу історії української методичної науки, а й допоможе уникнути зайвих помилок у питаннях реформування математичної освіти.

**Мета даної статті** проаналізувати зміст відібраних нами дисертацій періоду останніх тридцяти років з метою систематизації ідей, висновків та рекомендацій українських дослідників щодо розвитку теорії та методики навчання математики в Україні.

## МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання дослідження використано: дисертації українських дослідників про історію становлення та розвитку математичної освіти в Україні, які виконані в період з 1991 року по нинішній час. Аналіз, систематизація й узагальнення результатів досліджень відображених у відібраних нами дисертаціях українських авторів за науковими спеціальностями 13.00.02 Теорія і методика навчання (математика) та 13.00.01 Загальна педагогіка та історія педагогіки.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

У 1998 році захищена кандидатська дисертація Людмили Василівни Кузьмич на тему «Розвиток математики та методики її навчання у південному регіоні України (кінець XIX – початок XX століття)» (Кузьмич, 1998). У цьому дослідженні авторка розглядає розвиток методики навчання математики в Миколаєві та Херсоні в період з 1837 року по 1891 рік. Схарактеризовано методику навчання математики в Рішельєвському лицейі до заснування Новоросійського університету. Також у цій дисертації розкрито роль «Вісника дослідної фізики та елементарної математики» та видавництва «Mathesis» у розвитку математичної культури і навчання математики в південному регіоні України. Значне місце в дисертації відведене розкриттю методичної діяльності професора В.П. Єрмакова та редактора «Вісника дослідної фізики та елементарної математики» В.Ф. Кагана. В дисертації Л.В. Кузьмич проаналізовано журнальні статті, монографії, підручники та посібники для вчителів українських науковців-методистів за досліджуваний період, а також їх вплив на розвиток методичних ідей сучасності, і зроблено основний висновок: український народ має давню історію розвитку

культури і науки, в тому числі математичної та методичної. Нашу увагу привернув один із висновків Л.В. Кузьмич: «Для більшості так званих наукових праць виданих в царській Росії, характерною була особливість: їх автори часто намагалися принизити роль національної культури народів, знівельювати та перевернути видатні наукові досягнення їх талановитих представників. Особливо старанно усувалися будь-які згадки про те, що ці народи розвивали математичну освіту, набували світової слави у теорії природничих наук. Спираючись на формальну ознаку того, що наші славні предки не мали змоги друкувати свої праці рідною мовою, цих вчених часто відносили до чужомовних культур» (Кузьмич, 1998).

Марина Миколаївна Нак у 2007 році захистила дисертацію на тему «Історико-методичний аналіз розвитку методів розв'язування задач з алгебри в загальноосвітній школі». У цій дисертації (Нак, 2007). досліджено історію зародження та розвитку методів розв'язування алгебраїчних задач, розроблено методичні рекомендації з використання методів розв'язування задач в сучасній школі і роль інформаційних технологій в навчанні учнів методами і способами розв'язування задач. В дисертації подано сучасне тлумачення принципу історизму по відношенню до історії розвитку математики та методики навчання математики. Проведений ґрунтовний історичний аналіз розвитку методів розв'язування алгебраїчних задач від перших згадувань в першоджерелах стародавньої алгебри до сучасного стану використання їх у загальноосвітній школі. В дисертації зазначено, що в першому українському навчальному посібнику з алгебри для 9-11 класів З.І. Слєпкань та О.С. Дубинчук (виданий у 1968 році) використовуються методи рівнянь, математичної індукції, графічний та низка способів: підстановки, заміни змінних, додавання та інші.

У дисертації Бєвз Валентини Григорівни «Історія математики як інтеграційна основа навчання предметів математичного циклу у фаховій підготовці майбутніх учителів» (Бєвз, 2007) детально висвітлено методичну систему навчання історії математики. Авторкою з'ясовано теоретичні підходи до структурування і змістового наповнення курсу «Історія математики»; визначено організаційно-методичний інструментарій навчання, з'ясовані можливості використання у навчальному процесі нових інформаційних технологій, зокрема комп'ютерного тестування. Як стверджує авторка дисертації, наука історія математики здійснює функцію самопізнання математики, осмислення власних цілей, джерел і методології, допомагає упорядкуванню і класифікації задач, ідей, методів, результатів, що дає можливість розвиватися самій математиці як знаряддю пізнання і забезпечувати пізнання природи науками, які використовують математику. Погоджуючись із авторкою дисертації, аналогічну функцію ми вбачаємо і для історії методики навчання математики. В.Г. Бєвз наголошує, що важливе місце у підготовці майбутніх учителів математики має зайняти історія вітчизняної математики, яка є невід'ємною складовою національної культури. Цілком згодні з висновками дисертації, що дбаючи про ознайомлення майбутніх учителів з історією розвитку вітчизняної математики, доцільно приділити увагу не тільки творцям нових математичних теорій, а й зупинитися на питаннях поширення математичних знань, їх популяризації, збереження та передавання наступним поколінням. Особливе значення у цьому належить системі освіти, освітнім закладам, товариствам, спеціальним періодичним виданням тощо. Ми також підтримуємо один із висновків цієї дисертації, що варіативною частиною історії вітчизняної математики має бути розділ, присвячений науковим здобуткам українських визначних вчених-математиків, вчених-методистів з навчання математики.

Серед 9 дисертацій, що стосуються історії становлення та розвитку шкільної математичної освіти в Україні та виконані і захищені за спеціальністю 13.00.01 Загальна педагогіка та історія педагогіки, в першу чергу розглянемо дисертації О.В. Орел, О.В. Гнепи, Л.А. Семеновської, С.І. Стрілець. Дисертації вказаних авторів стосуються дослідження педагогічних ідей і наукової діяльності відомих українських математиків і методистів, які переймалися проблемами шкільної математичної освіти.

У дисертації «Проблеми шкільної математичної освіти в спадщині І. Ф. Тесленка (1908–1994 рр.)» (Орел, 2016), яка захищена Ольгою Володимирівною Орел у 2016 році, на основі опублікованих та архівних джерел здійснено системний і комплексний аналіз педагогічної спадщини та науково-методичної діяльності українського педагога-математика І. Ф. Тесленка. Описано наукову біографію вченого, виокремлено й схарактеризовано основні періоди його науково-педагогічної діяльності. Проаналізовані загальнопедагогічні погляди І.Ф. Тесленка на шкільну математичну освіту (використання розвивально-виховного потенціалу шкільної геометрії, формування наукового світогляду, забезпечення свідомого засвоєння школярами математичних знань, дотримання науковості їх викладу). В дисертації висвітлено доробок науковця, пов'язаний із модернізацією шкільної математичної освіти в 1960–1994 роках. Виокремлено й проаналізовано наукові новації І.Ф. Тесленка в галузі введення факультативних занять із математики. Охарактеризовано теоретичні та методичні пошуки вченого, присвячені впровадженню у шкільну практику програмованого навчання. Розкрито важливість діяльності І.Ф. Тесленка з уведення у зміст шкільної математичної освіти нового навчального предмета «Основи інформатики й обчислювальної техніки».

У дисертації «Освітня діяльність та педагогічна спадщина Михайла Пилиповича Кравчука (1892–1942 р.р.)» (Гнепа, 2016), яка захищена Ольгою Володимирівною Гнепою також у 2016 році, здійснено системний і комплексний аналіз творчої спадщини українського вченого математика, педагога, методиста, громадського діяча, академіка Всеукраїнської академії наук Михайла Пилиповича Кравчука. Активна діяльність Михайла Кравчука в освітній галузі, що тривала понад двадцять років, була плідною та багатоаспектною: педагогічна, управлінська, організаційна, методична, термінологічна, видавнича. Ученого шанували в усьому світі, а в Україні впродовж десятиліть його ім'я, науково-педагогічний доробок і вагомий внесок у розвиток освіти несправедливо замовчували, роботи знищували через звинувачення в націоналізмі та зв'язках із «ворогами» народу. Упродовж життя учений активно працював над розробкою питань методики викладання математики, впровадженням у навчальний процес національної математичної термінології, розв'язанням проблем організації освіти та науки в Україні. М. П. Кравчук залишив чималий науково-педагогічний доробок: підручники, посібники для студентів і самоосвіти, навчальні програми, наукові й методичні статті, доповіді. Освітньо-педагогічну спадщину М.П. Кравчука у дисертації О.В. Гнепи потрактовано як систему його переконань та ідей про навчання, виховання і керівництво освітнім закладом, які простежуються в архівних документах і навчально-методичному доробку вченого. В дисертації О.В. Гнепи зроблено висновок, що роботи М.П. Кравчука не лише містять ідеї та міркування, корисні в сучасних умовах оновлення змісту національної освіти, а й становлять загальноісторичну цінність.

Підсумовуючи зазначимо, що в дисертації О.В. Гнепи проаналізовано життєвий і творчий шлях М.П. Кравчука, зроблено періодизацію його особистісно-професійного становлення як педагога; визначено основні напрями й розкрито зміст освітньої діяльності вченого в контексті розбудови української середньої і вищої школи досліджуваного періоду; характеризувано провідні ідеї науково-педагогічної спадщини М.П. Кравчука та виявлено можливості їх творчого використання в сучасній освіті.

У дисертації Л.А. Семеновської на тему «Педагогічні ідеї та діяльність М.В. Остроградського в закладах вищої освіти (кінець 20-х – початок 60-х рр. XIX ст.)» (Семеновська, 2005), яка захищена в Полтаві у 2005 році, здійснено цілісний науковий аналіз діяльності видатного математика, педагога Михайла Васильовича Остроградського, визначено її зміст і основні напрями, розроблено періодизацію, виявлено чинники формування науково-педагогічного світогляду вченого-педагога та узагальнено досвід науково-педагогічної діяльності. Будучи прихильником практико орієнтованого навчання математики, М.В. Остроградський переконував, що перехід до нового знання не може здійснюватися лише формально-логічним шляхом або на рівні апріорного, інтуїтивного, ірраціонального пізнання. Єдиним об'єктивним джерелом виникнення вихідних принципів, аксіом, базисних положень, на думку М. Остроградського, має бути досвід людини. Тож його педагогічні ідеї базувалося на таких концептуальних твердженнях: 1) важливість дотримання принципу об'єктивності у пізнанні; 2) визнання домінуючої ролі практики у процесі пізнання; 3) цілісне сприйняття науки та навчальної дисципліни, їх гармонійне поєднання на основі взаємодії теоретичного і практичного аспектів; 4) необхідність забезпечення творчої активності суб'єктів пізнання. Головною метою навчання Михайло Васильович уважав підготовку молоді до майбутньої життєдіяльності. У цьому зв'язку вчений піддавав критиці сучасну йому систему освіти з того приводу, що при визначенні змісту та методів навчання враховується позиція, спрямована на підготовку вчених, незважаючи на те, що більшість дітей має посередні розумові здібності. Підкреслюючи необхідність оновлення змісту освіти з метою його спрощення та наближення до реального життя, М.В. Остроградський одночасно зауважував про важливість реформування навчальних планів і програм «... не порушуючи гідності та суворості науки». Учений стверджував, що, вчитель математики, передовсім, повинен викликати позитивне ставлення учнів до навчального матеріалу. У дисертації Л.А. Семеновської зазначається, що Михайло Васильович вважав, що навчання математики має бути доступним, гранично чітким, переконливим і відповідати віковим особливостям учнів. Він піддавав критиці вчителів, які ускладнюють навчання пишномовними назвами, незрозумілими пропорціями та науковими позначеннями. Разом із тим, Михайло Остроградський вимагав цілісності, системності у поданні навчального матеріалу і висловлював негативне ставлення до вчителів, які замість теоретичних положень обмежувалися наведенням окремих прикладів, що ілюструють певну теорію. Найвищим результатом математичної освіти, на думку М.В. Остроградського, слід вважати формування мислення особистості. Очевидно, всі вище вказані переконання М.В. Остроградського залишаються актуальними й нині. Таким чином можна стверджувати, що проведене дослідження Л.А. Семеновської свідчить, що педагогічна спадщина М.В. Остроградського залишається затребуваною і в сучасних умовах. За критеріями відповідності часові, реальної перспективності доробок вченого має вагоме значення в контексті розбудови Нової української школи з метою подальшого вдосконалення національної освіти.

Не менш вагомою з позицій наших наукових розвідок є дисертація Світлани Іванівни Стрілець «Проблеми шкільної математичної освіти у педагогічній спадщині К.Ф. Лебединцева (1878–1925)» (Стрілець, 2003). У дослідженні розкрито історичні, соціально-педагогічні передумови, що вплинули на становлення й розвиток педагогічного світогляду українського математика й педагога-новатора Константина Феофановича Лебединцева. В дисертації показано етапи життєвого і творчого шляху математика-методиста; виокремлено й характеризувано основні напрями його діяльності за впровадження передових освітніх ідей у шкільну практику. С.І. Стрілець характеризує значний внесок К.Ф. Лебединцева у розробку програм з математики, подолання проблем початкової математичної освіти, в підготовку підручників і збірників задач з алгебри, арифметики й початків геометрії. Вагомим доробком дисертації є порівняльний аналіз методичних напрацювань К.Ф. Лебединцева із сучасними програмами, підручниками, посібниками тощо. Таким чином з'ясовано значення основних ідей методиста-математика для розв'язання проблем сучасної математичної освіти. Завдяки дослідженню С.І. Стрілець у науковий обіг введено нові історико-педагогічні документи, що характеризують К.Ф. Лебединцева як вченого, педагога, методиста-математика. У дослідженні істотно доповнено картину розвитку шкільної математичної освіти. Основні результати, положення й висновки вказаного дослідження С.І. Стрілець можуть бути використані при викладанні історії педагогіки, історії методики навчання математики для майбутніх учителів математики, у процесі підготовки підручників, збірників задач і методичних посібників з математики.

Решта виокремлених і проаналізованих нами дисертацій стосуються наступних окремих аспектів розвитку теорії і методики навчання математики в Україні:

– Теорія і практика розвитку природничо математичної освіти дівчат у навчальних закладах України (XIX – початок XX століття) – дисертація О.В. Кохановської ((Кохановська, 2019), захищена в 2019 році в Херсоні.

– Становлення та розвиток вищої математичної освіти в Україні у XIX – на початку XX століття – дисертація А.В. Боярської-Хоменко (Боярська-Хоменко, 2013), захищена у 2013 році в Харкові.

– Становлення і розвиток змісту гімназійної математичної освіти на західноукраїнських землях (кінець XIX – початок XX століття – дисертація О.М. Гапак (Гапак, 2012), захищена у 2012 році в Рівному.

– Розвиток математичного мислення учнів у загальноосвітніх школах України початку XX століття – дисертація О.А. Василенко (Василенко, 2006), захищена в 2006 році в Тернополі.

– Становлення змісту шкільної початкової математичної освіти в Україні (60-і роки XIX – 30-і роки XX ст.) – дисертація М.Н. Миськової (Миськова, 2006), захищена в 2006 році в Рівному.

Зокрема, О.М. Гапак (Гапак, 2012) зазначає, що ім'я Мирона Зарицького – талановитого математика, обдарованого педагога і популяризатора математичних знань майже невідоме в Україні, хоча свого часу на праці українського вченого посилалися або цитували їх окремі положення французький математик Френе, німецький математик Гільберт, професор з Варшави Серпінський та інші. Мирон Зарицький належав до когорти тих, хто у 20-ті роки XX століття

разом із В. Левицьким, М. Чайковським та іншими видатними діячами математичної освіти Галичини сприяв публічному обговоренню традиційної системи освіти з метою її удосконалення шляхом введення в хід навчального процесу низки нових елементів. Учений досконало знав історію математики, особливо античної, читав курси лекцій з історії математики та методику її викладання у гімназіях, надрукував низку праць з історії точних наук. Серед методичних знахідок М. Зарицького, О.М. Гапак відзначає різноманітні дидактичні ігри, які Мирон Зарицький пропонував застосовувати у практиці навчання математики гімназистів, про що він описував в журналі „Matematyka i szkola”. У багатьох статтях М. Зарицького можна відшукати багато оригінальних підходів до осмислення ідеї проблемного навчання. «Однак, враховуючи малу кількість навчальних закладів гімназійного типу, у яких вивчалась елементарна математика, прогресивні ідеї та методичні прийоми професора Зарицького не могли в той час знайти широкого застосування і багатьох прихильників та послідовників. Проте вони послужили цінним матеріалом для майбутніх дослідників ідеї проблемного навчання, які набули значного поширення в післявоєнні роки в польських та радянських українських школах. Багато дидактико-методичних праць не втратили своєї актуальності і в наш час, коли знову прагнуть відновити гімназійну систему навчання у незалежній Україні» (Гапак, 2012).

Підсумовуючи зазначимо, що майже в усіх проаналізованих нами дисертаціях прослідковується висновок, що визначну роль у розвитку математичної освіти в Україні зіграли дидактико-методичні праці відомих вчених, педагогів-математиків кінця XIX – початку XX століття. Відразу ж хочеться звернути увагу на географію виконання проаналізованих дисертацій: Київ, Чернігів, Херсон, Ніжин, Рівне, Полтава, Тернопіль, Харків, Луцьк. Тобто, українські дослідники теорії і методики навчання математики з різних регіонів розуміють необхідність наукових розвідок історичних аспектів теорії і практики розвитку математичної освіти в Україні. Однак, на нашу думку, відсоток уваги (приблизно 0,5%) до окреслених нами питань за тридцять останніх років в Україні є явно низьким, що підкреслює актуальність наряду наших досліджень.

### ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

Реформування української школи, розвиток математичної освіти неможливо якісно здійснити без проведення науково-критичного аналізу багатого досвіду і результатів досліджень попередніх поколінь, без урахування національної специфіки і збереження кращих традицій і технологій, що сформувалися в умовах реального ефективного навчання математики в школах. Проте наш аналіз дозволяє стверджувати, що за останні тридцять років у незалежній Україні явно недостатньо здійснено ґрунтовних досліджень з історії розвитку української теорії та методики навчання математики в цілому та внеску визначних українських учених у розвиток методичної науки за напрямом навчання математики.

Нині важливо збуджувати інтерес освітян та громадськості до національних методичних надбань, до педагогічних персоналій, методична спадщина яких, з різних причин, залишилася поза межами наукового аналізу. Маємо переконання, що має зрости кількість історико-педагогічних досліджень, об'єктом яких є історичні аспекти розвитку цікавих методичних ідей, кращого українського досвіду навчання математики. Очевидно, що в центрі кращих методичних надбань, є особа творчого педагога, дослідника, як явище історії в її різноманітних зв'язках із суспільством і часом, в її духовному розвитку, діяльнісних проявах в освітньому просторі.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у ретроспективному вивченні, аналізі, систематизації та періодизації надбань української методичної науки та практики навчання математики. Модернізацію сучасної математичної освіти важливо здійснювати не розгубивши тих методичних принципів та надбань, якими багата нині українська методико-математична наука.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бевз, В. Г. (2006). Історія математики як інтеграційна основа навчання предметів математичного циклу у фаховій підготовці майбутніх учителів : дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.02. Київ.
2. Боярська-Хоменко, А. В. (2013). Становлення та розвиток вищої математичної освіти в Україні у XIX – на початку XX століття : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Харків.
3. Василенко, О. А. (2006). Розвиток математичного мислення учнів у загальноосвітніх школах України початку XX століття : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Тернопіль.
4. Гапак, О. М. (2012). Становлення і розвиток змісту гімназійної математичної освіти на західноукраїнських землях (кінець XIX – початок XX століття) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01. Рівне.
5. Гнепа, О. В. (2016). Освітня діяльність та педагогічна спадщина Михайла Пилиповича Кравчука (1892–1942 рр.) : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Луцьк.
6. Кохановська, О. В. (2019). Теорія і практика розвитку природничо-математичної освіти дівчат у навчальних закладах України (XIX – початок XX століття) : дис. ... д-ра пед. наук : спец. 13.00.01. Херсон.
7. Кузьмич, Л. В. (1998). Розвиток математики та методики її навчання у південному регіоні України (кінець XIX – початок XX століття) : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Херсон.
8. Міськова, Н. М. (2005). Становлення змісту шкільної початкової математичної освіти в Україні (60-і роки XIX – 30-і роки XX ст.) : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Рівне.
9. Нак, М. М. (2007). Історико-методичний аналіз розвитку методів розв'язування задач з алгебри в загальноосвітній школі : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.02. Київ.
10. Орел, О. В. (2016). Проблеми шкільної математичної освіти в спадщині І. Ф. Тесленка (1908–1994 рр.) : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Ніжин.
11. Семеновська, Л. А. (2005). Педагогічні ідеї та діяльність М. В. Остроградського в закладах вищої освіти (кінець 20-х – початок 60-х рр. XIX ст.) : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Полтава.
12. Стрілець, С. І. (2003). Проблеми шкільної математичної освіти у педагогічній спадщині К. Ф. Лебединцева (1878–1925) : дис. ... канд. пед. наук : спец. 13.00.01. Чернігів.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

1. Bevz, V. H. (2007). Istoriya matematyky yak intehratsiyna osnova navchannya predmetiv matematychnoho tsykladu u fakhoviy pidhotovtsi maybutnikh uchyteliv [The history of mathematics as an integrative basis for teaching subjects of the mathematical cycle in the professional training of future teachers]. Doctor's thesis. Nats. ped. un-t im. M. P. Drahomanova. Kyiv.
2. Boyars'ka-Khomenko, A. V. (2013). Stanovlennya ta rozvytok vyshchoyi matematychnoyi osvity v Ukraini u XIX – na pochatku XX stolittya [Formation and development of higher mathematical education in Ukraine in the 19th and early 20th centuries]. Candidate's thesis. Kharkiv. nats. ped. un-t im. H. S. Skovorody. Kharkiv.
3. Vasylenko, O. A. (2006). Rozvytok matematychnoho myslennya uchniv u zahal'noosvitnikh shkolakh Ukrainy pochatku XX stolittya [Development of students' mathematical thinking in secondary schools of Ukraine at the beginning of the 20th century]. Candidate's thesis. Ternopil. nats. ped. un-t im. Volodymyra Hnatyuka. Ternopil'.
4. Hapak, O. M. (2012). Stanovlennya i rozvytok zmistu himnaziynoyi matematychnoyi osvity na zakhidnoukrayins'kykh zemlyakh (kinets' XIX – pochatok XX stolittya) [Formation and development of the content of high school mathematics education in Western Ukrainian lands (end of the 19th - beginning of the 20th century)]. Candidate's thesis. Mizhnar. ekon.-humanitar. un-t im. akad. Stepana Dem'yanchuka. Rivne.
5. Hnepa, O. V. (2016). Osvitnya diyal'nist' ta pedahohichna spadshchyna Mykhayla Pylypovycha Kravchuka (1892–1942 r.r.) [Educational activity and pedagogical heritage of Mykhailo Pylypovich Kravchuk (1892–1942)]. Candidate's thesis. Skhidnoyevrop. nats. un-t im. Lesi Ukrayinky. Luts'k.
6. Kokhanov's'ka, O. V. (2019). Teoriya i praktyka rozvytku pryrodnycho matematychnoyi osvity divchat u navchal'nykh zakladakh Ukrainy (XIX – pochatok XX stolittya) [Theory and practice of development of science and mathematics education of girls in educational institutions of Ukraine (XIX - beginning of XX century)]. Doctor's thesis. Kherson. akad. nepererv. osvity Kherson. oblrady. Kherson.
7. Kuz'mych, L. V. (1998). Rozvytok matematyky ta metodyky yiyi navchannya u pvidennomu rehioni Ukrainy (kinets' XIX – pochatok XX stolittya) [The development of mathematics and its teaching methods in the southern region of Ukraine (end of the 19th - beginning of the 20th century)]. Candidate's thesis. Kherson. derzh. ped. un-t. Kherson.
8. Mis'kova, N. M. (2005). Stanovlennya zmistu shkil'noyi pochatkovoyi matematychnoyi osvity v Ukraini (60-i roky XIX – 30-i roky XX st.) [Formation of the content of elementary school mathematics education in Ukraine (60s of the 19th - 30s of the 20th centuries)]. Candidate's thesis. Mizhnar. ekon.-humanitar. un-t im. akad. Stepana Dem'yanchuka. Rivne.
9. Nak, M. M. (2007). Istoryko-metodychnyy analiz rozvytku metodiv rozv'yazuvannya zadach z alhebrы v zahal'noosvitniy shkoli [Historical and methodological analysis of the development of methods of solving algebra problems in a secondary school]. Candidate's thesis. Nats. ped. un-t im. M. P. Drahomanova. Kyiv.
10. Orel, O. V. (2016). Problemy shkil'noyi matematychnoyi osvity v spadshchyni I. F. Teslenka (1908–1994 rr.) [Problems of school mathematics education in the legacy of I. F. Teslenka (1908–1994)]. Candidate's thesis. Nizhyn. derzh. un-t im. Mykoly Hoholya. Nizhyn.
11. Semenov's'ka, L. A. (2005). Pedahohichni ideyi ta diyal'nist' M. V. Ostrograds'koho v zakladakh vyshchoyi osvity (kinets' 20-kh – pochatok 60-kh rr. XIX st.) [Pedagogical ideas and activities of M. V. Ostrogradskyi in institutions of higher education (late 20s - early 60s of the 19th century)]. Candidate's thesis. Poltav. derzh. ped. un-t im. V. H. Korolenka. Poltava.
12. Strilets', S. I. (2003). Problemy shkil'noyi matematychnoyi osvity u pedahohichniy spadshchyni K. F. Lebedyntseva (1878–1925) [Problems of school mathematics education in the pedagogical heritage of K. F. Lebedyntsev (1878–1925)]. Candidate's thesis. Chernihiv. derzh. ped. un-t im. T. H. Shevchenka. Chernihiv.

*Матеріал надійшов до редакції 29.07.2024р.*



## РЕЦЕНЗІЯ НА КНИГУ: ЯК ПИСАТИ ДОБРЕ. КЛАСИЧНИЙ ПОСІБНИК ЗІ СТВОРЕННЯ НЕХУДОЖНІХ ТЕКСТІВ

Таяна ДЕОРДИЦА ✉

Благодійний фонд «e-Terra», Україна  
TLDeorditsa@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Марина ВОРОНИНА

Державний науково-методичний центр змісту  
культурно-мистецької освіти, Україна  
M\_Voronina@i.ua  
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

## BOOK REVIEW: ON WRITING WELL. THE CLASSIC GUIDE TO WRITING NONFICTION

Taiana DIEORDITSA ✉

Charitable Foundation «e-Terra», Ukraine  
TLDeorditsa@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-3409-7168>

Maryna VORONINA

State Scientific and Methodological Center for the Content  
of Cultural and Artistic Education, Ukraine  
M\_Voronina@i.ua  
<https://orcid.org/0000-0003-3838-7194>

### ABSTRACT

The book «On writing well» by the American journalist and teacher of writer's craft W. Zinsser tells about what principles a writer should be guided by and what methods to use to produce a quality nonfiction text.

**KEYWORDS:** *writer's craft; nonfiction writing; correct language; rewriting; high-quality text.*



**Автор:** Вільям Зінссер (William Zinsser) (1922-2015) (<https://www.williamzinsserwriter.com/>)

**Оригінальна назва:** *On Writing Well. The Classic Guide to Writing Nonfiction*

**Переклад:** Дмитро Кожедуб

**Рік видання:** 2022

**Кількість сторінок:** 293

**Видавництво:** Наш Формат

**ISBN:** 978-617-8115-15-9 (паперове видання), 978-617-8115-16-6 (електронне видання)

**Ключові слова:** *письменницьке ремесло; документальне письмо; правильна мова; переписування; якісний текст.*

Практикуючи написання текстів наукового характеру, ми збираємо книги, які містять дієві рекомендації з удосконалення письмового мовлення. Нещодавно нашу колекцію поповнила книга «Як писати добре. Класичний посібник зі створення нехудожніх текстів» авторства американського журналіста, письменника і викладача В. Зінссера. Ця книга виросла з курсу лекцій, присвячених документальному письму, які автор читав у Єльському університеті (1970–1975), тож спершу її адресатами були студенти, письменники, редактори, викладачі та всі, хто хотів навчитися писати. З появою інформаційних технологій, коли за написання текстів взялися безліч людей, які ніколи не бачили себе письменниками, В. Зінссер допрацював свій посібник так, щоб зробити його корисним для всіх, кому необхідно у письмовій формі викладати свої думки. Безумовно, він мав рацію, стверджуючи, що і в еру електронної магії все досі залежить від письма (с. 10).

Для цитування:	Деордіца Т., Вороніна М. Рецензія на книгу: Як писати добре. Класичний посібник зі створення нехудожніх текстів. <i>Фізико-математична освіта</i> , 2024. Том 39. № 4. С. 46-48. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07</a>
For citation:	Dieorditsa, T., & Voronina, M. (2024). Book review: On writing well. The classic guide to writing nonfiction. <i>Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 46-48. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07</a>
	Dieorditsa, T., & Voronina, M. (2024). Retseziia na knyhu: Yak pysaty dobre. Klasychnyi posibnyk zi stvorennia nekhudozhnikh tekstiv [Book review: On writing well. The classic guide to writing nonfiction]. <i>Fizyko-matematychna osvita – Physical and Mathematical Education</i> , 39(4), 46-48. <a href="https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07">https://doi.org/10.31110/fmo2024.v39i4-07</a>

Імовірно, хтось із наших колег поставить під сумнів слушність рецензованої книги для тих, хто пише українською, з огляду на те, що її адресовано англійським авторам. Заперечимо цим скептикам: В. Зінссер не зосереджується на граматичних правилах, а вчить удосконалювати саме розумовий процес. Адже писати – це «мислити на папері». А принципи, на яких цей процес базується, універсальні. Так, схожі настанови щодо дбайливого використання слів, уникнення мовного мотлоху й чіткого висловлювання думок дає у своїй книзі «Слово живе і мертве» перекладачка і редактор Нора Галь (1987). А той факт, що видавництво «Наш Формат» уже двічі випускало друком переклад книги «On Writing Well» (у 2018 р. під назвою «Текст-лекси-шмекс: Магія переконливих текстів», а у 2022 р. – «Як писати добре») свідчить про її затребуваність серед українських читачів.

За свою довгу письменницьку кар'єру, що тривала з 1946 по 2012 р., В. Зінссер написав незліченну кількість журнальних статей і 19 книг. Однак тільки сім з них присвячено письменницькій майстерності. Крім розглядуваної книги, це ще такі: «Writing with a Word Processor» (Письмо за допомогою текстового процесора) (1983); «Writing to Learn: How to Write And Think Clearly about Any Subject at All» (Писати, щоб вчитися: як писати і думати чітко про будь-який предмет) (1988); «Speaking of Journalism» (До речі, про журналістику) (1994); «Inventing the Truth: The Art and Craft of Memoir» (Винайдення правди: мистецтво і ремесло мемуарів) (1998); «Writing About Your Life» (Напишіть про своє життя) (2004); «The Writer Who Stayed» (Письменник, який залишився) (2012).

За даними Amazon, книга «On Writing Well» привернула найбільшу увагу читачів порівняно з іншими книгами В. Зінссера. І це, на нашу думку, не випадково, адже, завершивши та опублікувавши її вперше у 1976 р., він продовжував регулярно доповнювати її зміст, аби не відставати від нових суспільних запитів, літературної моди, нових демографічних реалій, нових технологій і нових слів та способів їхнього вживання. Мабуть, тому вона витримала шість перевидань англійською і розійшлася загальним тиражем понад мільйон примірників (с. 10).

На наш погляд, структура рецензованої книги є бездоганно логічною. Щоб довести це, подивимося на неї крізь призму правил прикладної логіки (Петров, 1991). Так, постановку вихідного питання, винесеного у заголовок книги, детерміновано описом її основного результату: *забезпечити читачів інструментами, опанувавши які, вони зможуть продукувати якісні документальні тексти*. Адже, за В. Зінссером, «писати добре» означає вірити у свою роботу і в себе, ризикувати, наважуватись бути іншим, прагнути досконалості (с. 289). Формулюючи мету книги, письменник уточнив її вихідне питання, зазначивши, що хоче навчити читачів, як писати про будь-що на світі, що можна описати: про людей і місця, науку і технології, історію й медицину, бізнес і освіту, спорт і мистецтво. Оскільки питання «Як писати добре?» є недоступним для відповіді (на нього неможливо відповісти відразу й вичерпно), то, користуючись термінологією прикладної логіки, можна сказати, що В. Зінссер рекурсивно звів вихідне питання книги до низки допоміжних. Допоміжні питання, виведені на першій ітерації, виступили заголовками частин книги («Принципи», «Методи», «Форми», «Підходи»), а виведені на другій ітерації – заголовками її двадцяти п'яти розділів. Складений у такий спосіб чіткий план забезпечив цілісність і логічність змісту рецензованої книги.

«Як писати добре» починається зі вступу, в якому В. Зінссер із вдячністю згадує свого вчителя – американського письменника і педагога Е. Вайта. Стиль і манеру саме цього майстра слова він прагнув наслідувати на початку своєї письменницької кар'єри. Згодом, набувши досвіду, В. Зінссер зажадав доповнити класичний підручник свого вчителя (Strunk & White, 1959). Втіленням цього бажання і стала розглядувана книга. У її першій частині «Принципи» йдеться про керівні ідеї, яких повинен неухильно дотримуватися кожен, хто прагне продукувати добротні документальні тексти. Ось перелік їхніх стислих назв: *взаємодія; простота; мотлох; стиль; аудиторія; слова; використання*. Розкриття цих ідей становить зміст семи однойменних розділів першої частини.

Говорячи про *взаємодію* автора з читачем, В. Зінссер має на думці ентузіазм автора і його захоплення предметом оповіді, що змушує читача прикипати до сторінок. *Простоту* він трактує як спрощення кожного речення до найнеобхідніших компонентів, щоб читач не загубився у лабіринті слів і не втратив зацікавленість. *Мотлохом*, на його думку, є складна фраза, якою замінюють коротке слово з ідентичним значенням. Наприклад, «на даний момент ми очікуємо опадів» замість «зараз піде дощ». Торкаючись теми авторського *стилю*, В. Зінссер зазначає, що початківцям письма спершу необхідно оволодіти основними мовленнєвими інструментами, а вже потім виробляти власний письменницький почерк. Пояснюючи принцип *«аудиторія»*, він радить: «...Ви мусите писати для себе і не думати, чи встигає за вами читач» (с. 36). Проте, ця настанова, за його словами, не є парадоксальною, бо в ній йдеться про дві різні речі. Одна – це ремесло, а інша – це позиція автора. Перша – питання роботи над професійними навичками. Друга – питання того, як автор використовує ці навички, щоб показати свою унікальність (с. 36-37). Повчальним вважаємо розбір типового жаргону низькопробних газет і журналів – суміші дешевеньких і вигаданих слів та кліше, наведений у розділі *«Слова»*. В. Зінссер настійливо закликає тих, хто пише, навчитися використовувати слова дбайливо та оригінально. З цього логічно випливає висновок, яким завершується розділ *«Використання»*: правильна мова – це вживання наявних слів для того, щоб просто і чітко висловити свою думку іншим людям (с. 53). Наш досвід підтверджує, що більшість цих принципів можна опанувати самостійно.

Друга частина «Методи» складається з трьох розділів: «Прив'язки», «Зачин і кінцівка», «Нюанси». Найцікавішим для нас виявився розділ «Нюанси», бо в ньому наведені корисні інформаційні уривки та застереження. Ми солідарні з В. Зінссером у тому, що основою хорошого письма є переписування. Йдеться про зміну деяких фраз, скорочення речень і поліпшення сирого матеріалу, який спершу виходить з-під пера автора. Безумовно, якісне письмо – це продукт багаторазових покращень.

Третю частину «Форми» присвячено поясненню основ проведення інтерв'ю та написання туристичних, наукових, спортивних, критичних та гумористичних статей. Нам дуже сподобався наведений у розділі «Наука і технологія» опис нескладного наукового завдання, яке В. Зінссер пропонує студентам. Він просить їх описати, як щось працює. Його не цікавить стиль і вишуканість тексту. Йому важливо, щоб студент розповів, наприклад, як працює швацька машинка, насос або чому яблуко падає з дерева чи як очі передають мозку, що вони бачать. Він відзначає, що таке завдання виявилось справжнім порятунком для студентів, які мислять хаотично. Багато з них почали писати ясніше, відколи

спробували цей метод. Суть у тому, щоб крок за кроком привести студента, який не знає нічого, до розуміння теми, котру він вважав надто складною для себе.

Четверта частина «Підходи» містить перелік опорних орієнтирів для письменників. Нашу особливу увагу привернули міркування В. Зінссера на тему смаку. На його думку, смак – це суміш якостей, що не піддаються аналізу. Але вухо, що чує різницю між живим і мертвим реченням, інтуїція, що знає, коли недбалу фразу слід формалізувати, завжди підкажуть правильний вибір. Задавшись питанням, чи можна навчитися смаку, В. Зінссер відповідає: і так, і ні. Адже ідеальний смак, як і ідеальний виклад – це Божий дар, утім, до певної межі його можна розвинути. Для цього він радить читати письменників, які володіють цим даром. Вороги смаку, як вважає В. Зінссер, – це кліше. Тому він закликає пильно вишукувати ці стандартизовані мовні звороти під час переписування роботи або її читання вголос. Говорячи про головне у письменницькому ремеслі, В. Зінссер наголошує: на 90% це кропітка праця над опануванням інструментів, описаних ним у цій книзі. А винагородою за неї стане висока якість створеного тексту.

Нам близька думка про те, що вкладання думок у слова є суворим випробуванням (Graham, 2022). Однак на власному досвіді ми переконалися: якщо усвідомити універсальні принципи письменницького ремесла та оволодіти його методами, цей виснажливий процес поступово перетвориться на захопливе і приємне заняття.

---

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

---

1. Галь, Н. (1987). *Слово живое и мертвое: Из опыта переводчика и редактора*. Книга.
2. Петров, Ю. (1991). *Азбука логичного мышления*. Издательство МГУ.
3. Graham, P. (2022). Putting Ideas into Words. <https://paulgraham.com/words.html>.
4. Strunk, W., & White, E. (1959). *The Elements of Style*. Macmillan.

---

#### REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

---

1. Gal', N. (1987). *Slovo zhivoe i mertvoe: Iz opyta perevodchika i redaktora (The word is alive and dead: From the experience of a translator and editor)*. Kniga (In Russian).
2. Graham, P. (2022). Putting Ideas into Words. <https://paulgraham.com/words.html>.
3. Petrov, Ju. (1991). *Azbuka logichnogo myshlenija (The ABC of Logical Thinking)*. Izdatel'stvo MGU (In Russian).
4. Strunk, W., & White, E. (1959). *The Elements of Style*. Macmillan.

*Матеріал надійшов до редакції 07.05.2024р.*



This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

## АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК

<b>Б</b>		<b>П</b>	
Болілий В. ....	7	Подласов С. ....	28
Бурмістров О. ....	7		
Буртовий Р. ....	14	<b>С</b>	
<b>В</b>		Снарський А. ....	28
Вороніна М. ....	46	Суховірська Л. ....	7
<b>Д</b>		<b>Т</b>	
Деордіца Т. ....	46	Ткачевська А. ....	20
<b>І</b>		<b>Ч</b>	
Ізюмченко Л. ....	20	Чкана Я. ....	33
<b>М</b>		<b>Я</b>	
Мартиненко О. ....	33	Ящук К. ....	40

Наукове видання

**ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА ОСВІТА**

Науковий журнал

**Key title: Fiziko-matematična osvita**

**Abbreviated key title: Fiz.-mat. osv.**

**Том 39, № 4**

**2024**

Друкується в авторській редакції  
Матеріали подані мовою оригіналу

Відповідальний за випуск

***О.В. Семеніхіна***

Комп'ютерна верстка

***О.М. Удовиченко***

Ідентифікатор медіа:

**R30-02975**

**<https://fmo-journal.org/>**

Підп. до друку 29.04.2024.

Формат 60x84/8. Гарнітура Calibri. Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 5,81.

Ум. фарб.-відб. 5,81. Обл.-вид. арк. 5,43. Тираж 50 пр. Вид. №33

**Видавець:**

СумДПУ імені А. С. Макаренка

40002, м. Суми, вул. Роменська, 87

Свідоцтво ДК № 231 від 02.11.2000 р.

**Виготовлювач:**

ФОП Цьома С.П. 40002, м. Суми, вул. Роменська, 100.

Тел.: 066-293-34-29.

Зам. № 52

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

серія ДК, № 5050 від 23.02.2016.