

5. Tryfonova. O.M., Sadovyi. M.I., Somenko. D.V. (2023) Shtuchnyi intelekt ta neiromerezhi v osvitnomu protsesi: perevahy ta nedoliky [Artificial intelligence and neural networks in the educational process: advantages and disadvantages]. Aktualni problemy ta perspektyvy tekhnolohichnoi i profesiinoi osvity / Materialy VII vseukrainskoi naukovo-praktychnoi internet-konferentsii. TNPU im. V. Hnatiuka, 20-21 kvitnia 2023 r. S. 78-81. [in Ukrainian].

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**СОМЕНКО Дмитро Вікторович** – к. пед. н., старший викладач кафедри математики та цифрових технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка.

**Наукові інтереси:** організація дослідницької діяльності студентів спеціальності 015 Професійна освіта (Цифрові технології) при вивченні дисциплін професійної підготовки.

**СОМЕНКО Олена Олексіївна** – старший викладач кафедри права та соціально-економічних відносин Центральноукраїнського інституту розвитку

людини Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна».

**Наукові інтереси:** методика навчання математики, ІКТ в освіті.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**SOMENKO Dmytro Viktorovych** – Candidate of Pedagogical Sciences, Senior Lecturer of the Department of technological and professional education of the Volodymyr Vynnychenko Central Ukrainian State University.

**Scientific interests:** organization of research activities of students of specialty 015 Professional education (Digital technologies) when studying the disciplines of professional training.

**SOMENKO Olena Oleksiivna** – Senior Lecturer of the Department of Law and Socio-Economic Relations of the Central Ukrainian Institute of Human Development of the Open International University of Human Development "Ukraine".

**Scientific interests:** mathematics teaching methods, ICT in education.

Стаття надійшла до редакції 29.12.2023 р.

УДК 53 (09)

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-212-136-141

**СЛЮСАРЕНКО Віктор Володимирович** –

кандидат педагогічних наук,  
вчитель фізики та математики ліцею «Гармонія» Знам'янської міської ради Кіровоградської області  
ORCID: orcid.org/0000-0001-6958-8090  
e-mail: sportkr1@gmail.com

#### ВИВЧЕННЯ ЗАКОНУ СТЕФАНА-БОЛЬЦМАНА ЗА ДОПОМОГОЮ НОВІТНЬОГО ОБЛАДНАННЯ «РНУВЕ»

У даній статті розглянуто експериментальне вивчення закону Стефана-Больцмана за допомогою новітнього обладнання німецької фірми «РНУВЕ», яке забезпечує формування у здобувачів освіти навичок навчально-дослідницької діяльності, розкриває їх творчі здібності. Використання розглянутих досліджень є досить ефективним у напрямку формування експериментальної компетентності. Здобувач освіти, виконуючи досліди, забезпечує сучасне і грамотне коригування життєвих уявлень, набуває безцінного життєвого досвіду. Обробка результатів описаного дослідження у статті здійснюється за допомогою системи «Кобра 3», що суттєво покращує рівень сприяння і аналізу отриманих даних. Також використання системи «Кобра 3» економить час для обробки отриманих результатів роботи та значно підвищує рівень їх візуалізації.

Відзначу, що навчальний фізичний експеримент є одночасно джерелом знань, методом навчання і видом наочності й він служить для відкриття явищ, законів, що мають суб'єктивну новизну. Навчальний фізичний експеримент не може існувати і розвиватися сам по собі. Він створюється й удосконалюється відповідно до розвитку методики викладання фізики як області педагогічної науки. Обов'язковою вимогою до проведення експерименту є дотримання правил безпеки праці. У даній час у школі має місце сформована система навчального фізичного експерименту, заснована на ідеї поступового підвищення самостійності здобувачів освіти у процесі оволодіння знаннями. Саме впровадження новітнього обладнання в освітній процес ефективно вирішує ці завдання.

Застосування сучасного нового обладнання у навчанні - одна з найбільш важливих і стійких тенденцій розвитку освітнього процесу. Завдяки новому обладнанню на якісно вищому рівні реалізується принцип наочності навчання, який спирається на діалектико-матеріалістичну теорію пізнання, суть якої полягає у сходженні до абстрактного мислення, а від нього до практики. Нове обладнання німецького виробництва «РНУВЕ» дає можливість безпосередньо вивчати натуральні об'єкти, розвивати практичні уміння і навички, здібності до самостійної роботи. Така практична спрямованість освітнього процесу підвищує мотивацію тих, хто вивчає предмети природничо-наукового циклу, формує навички навчально-дослідницької діяльності, розкриває творчі здібності.

**Ключові слова:** фізичний експеримент, новітнє обладнання, закон Стефана-Больцмана, мультиметр, система «Кобра 3».

**SLYUSARENKO Viktor Volodymyrovych** –

Candidate of Pedagogical Sciences,  
teacher of physics and mathematics of  
Lyceum "Harmoniia" Znamyanka City Council  
Kirovohrad Region.

ORCID: orcid.org/0000-0001-6958-8090

e-mail: sportkr1@gmail.com

## STUDYING THE STEPHAN-BOLTZMANN LAW WITH THE HELP OF THE NEWEST EQUIPMENT «PHYWE»

*This article examines the experimental study of the Stefan-Boltzmann law with the help of the latest equipment of the German company «PHYWE», which ensures the formation of educational and research skills in students and reveals their creative abilities. Processing of the results of the research described in the article is carried out using the «Cobra 3» system, which significantly improves the level of assistance and analysis of the received data.*

*This article examines the experimental study of the Stefan-Boltzmann law with the help of the latest equipment of the German company «PHYWE», which ensures the formation of educational and research skills in students and reveals their creative abilities. The use of the considered studies is quite effective in the direction of the formation of experimental competence. The learner, performing experiments, ensures a modern and competent adjustment of life ideas, acquires invaluable life experience. Processing of the results of the research described in the article is carried out using the «Cobra 3» system, which significantly improves the level of assistance and analysis of the received data. Also, the use of the «Cobra 3» system saves time for processing the obtained work results and significantly increases the level of their visualization.*

*I would like to note that the educational physical experiment is simultaneously a source of knowledge, a method of learning and a type of visualization, and it serves to discover phenomena and laws that have subjective novelty. An educational physical experiment cannot exist and develop by itself. It is created and improved in accordance with the development of the methodology of teaching physics as a field of pedagogical science. A mandatory requirement for conducting an experiment is compliance with labor safety rules. Currently, the school has a formed system of educational physical experiments, based on the idea of gradually increasing the independence of students in the process of mastering knowledge. It is the introduction of the latest equipment into the educational process that effectively solves these tasks.*

*I would like to note that with the help of the latest German equipment «PHYWE» it is possible to perform a lot of laboratory work and experiments not only in physics, but also in other disciplines of the natural-mathematical cycle of educational institutions.*

**Key words:** physical experiment, latest equipment, Stefan-Boltzmann law, multimeter, «Cobra 3» system.

**Постановка та обґрунтування актуальності проблеми.** В умовах стрімкого розвитку науки фізичний експеримент увесь потребує удосконалення та поновлення бази кабінетів фізики новітнім обладнанням, що здатне вирішувати нові поставлені завдання сучасного суспільства. Відзначу, що навчальний експеримент одночасно є джерелом знань, методом навчання і засобом наочності у навчанні фізики. Вирішенню питання оновлення застарілої матеріальної експериментальної бази, яка не в змозі забезпечити успішне засвоєння цих знань, зокрема, допомагає новітнє обладнання німецького виробника «PHYWE». Він вже чимало років є одним із головних постачальників новітнього фізичного обладнання, що дозволяє покращити ситуацію з комплектацією фізичних кабінетів навчальних закладів. Така практична спрямованість освітнього процесу безсумнівно підвищує мотивацію тих, хто вивчає предмети природничо-наукового циклу, формує навички навчально-дослідницької діяльності, розкриває творчі здібності.

**Аналіз актуальних досліджень і публікацій.** Проблеми вдосконалення навчального фізичного експерименту розкриті у наукових працях П.С. Атаманчука, Л.Ю. Благодаренко, В.П. Вовкотруба, М.І. Садового, О.М. Трифонові та інші. Впровадження новітніх технологій в освітній процес при вивченні фізики розглядали М.В. Головка, Ю.О. Жук, В.Ф. Заболотний, В.П. Сергієнко та інші вчені. Незважаючи на велику кількість праць з теорії, методики та техніки шкільного фізичного експерименту, є цілий ряд проблем, які вимагають подальших досліджень, що стосуються навчального фізичного обладнання з застосуванням новітніх технологій [2, с. 307-308].

**Мета статті:** розглянути практичне використання новітнього обладнання німецького виробника «PHYWE» під час перевірки справедливості закону випромінювання Стефана-Больцмана.

**Методи дослідження:** в описаній у даній статті лабораторній роботі були використані теоретичний та експериментальний методи, які дозволили теоретично проаналізувати і на практиці перевірено закон випромінювання Стефана-Больцмана.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Одним із прикладів використання новітнього обладнання німецького виробника «PHYWE» є лабораторна робота «Закон випромінювання Стефана-Больцмана з підсилювачем», з якої ознайомимося у цій статті [3, с. 31-35].

**Мета роботи:** *Визначення опору нитки розжарення лампи при температурі 0 °С; визначення степеневі залежності між енергією випромінювання нитки розжарення лампи та її температурою (перевірка закону Стефана-Больцмана).*

**Обладнання:** оптична лавою довжиною 60 см, ніжки для оптичної лави, бігунок для оптичної лави висотою штока 30 мм, універсальний підсилювач, термостовпчик, захисна трубка для термостовпчика, універсальна установка «Кобра 3» та програмне забезпечення, джерело струму 12 В, інформаційний стандартний кабель RS 232, трансформатор з випрямлячем 15 В зм./ 12 В пост./ 5 А, цифровий мультиметр, з'єднувальний провідник 500 мм, патрон для лампи марки Е14 на стержні, лампа розжарювання 6 В/ 5 А, марки Е14, комутаційна коробка та резистор (100 Ом, 1 Вт).

*Вказівки до виконання роботи:*

Абсолютно чорне тіло - фізична ідеалізація, застосовувана в термодинаміці, тіло, що поглинає все падаюче на нього електромагнітне випромінювання у всіх діапазонах і нічого не відображає. Незважаючи на назву, абсолютно чорне тіло саме може випускати електромагнітне випромінювання будь-якої частоти і візуально мати колір. Спектр випромінювання абсолютно чорного тіла визначається тільки його температурою.

Важливість абсолютно чорного тіла в питанні про спектр теплового випромінювання будь-яких (сірих і кольорових) тіл взагалі, крім того, що воно являє собою найбільш простий нетривіальний випадок, полягає ще й у тому, що питання про спектрі рівноважного теплового випромінювання тіл будь-якого кольору і коефіцієнта відбиття зводиться методами класичної термодинаміки до питання про випромінюванні абсолютно чорного (і історично це було вже зроблено до кінця XIX століття, коли проблема випромінювання абсолютно чорного тіла вийшла на перший план).

Закон Стефана-Больцмана дає залежність енергії випромінювання з одиниці площі поверхні в одиницю часу від ефективної температури тіла, що випромінює.

Загальна енергія теплового випромінювання визначається як  $F = \sigma T^4$ , де  $F$  - потужність на одиницю площі поверхні випромінювання, а  $\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} \approx 5,6704 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>) - стала Стефана-Больцмана.

Сіре тіло - це таке тіло, коефіцієнт поглинання якого не залежить від частоти, а

залежить тільки від температури  $a_{w,T} = a_T < 1$  [1, с. 252-253].

Температурний коефіцієнт електричного опору ( $\alpha$ ) - відносна зміна електричного опору ділянки електричного кола або питомого електричного опору матеріалу при зміні температури на 1 К, виражена у К<sup>-1</sup>. В електроніці використовуються, зокрема, резистори із спеціальних металевих сплавів з низьким значенням  $\alpha$ , як манганинових чи константанових сплавів та напівпровідникових компонентів з великими додатними чи від'ємними значеннями  $\alpha$  (термістори). Фізичний зміст температурного коефіцієнта опору виражений рівнянням:  $\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$ , де  $dR$  - зміна електричного опору  $R$  при зміні температури на  $dT$  [4, с. 425].

*Хід роботи:*

1. Підготовка обладнання: Зберіть установку (рис. 1). У циліндричні опори зафіксуйте термостовпчик із закріпленою до нього захисною трубкою. Термостовпчик приєднують до системи «Кобра 3». У даній установці трансформатор з'єднуємо із системою «Кобра 3» та цифровим мультиметром.

2. Зберіть електричну схему для вимірювання опору нитки розжарення лампи (рис. 1). Напруга  $U_1$  на лампі знімається з виходу «Analog In 1/S1» універсальної установки, а струм  $I$ , який протікає через лампу, за допомогою цифрового мультиметра. Джерело струму використовується як джерело змінної напруги. За допомогою кнопки «Mode» мультиметра встановить вимірювання змінної напруги. Значення термоелектрорушійної сили термоелемента  $U_2$  знімається на виході «Analog In 2/S2» універсальної установки.



Рис. 1. Установа для перевірки закону Стефана-Больцмана:

- 1 - трансформатор з випрямлячем, 2 - цифровий мультиметр, 3 - лампа розжарювання,
- 4 - система «Кобра 3», 5 - термостовпчик, 6 - захисна трубка для термостовпчика,
- 7 - демонстраційна шкала, 8 - циліндрична опора.

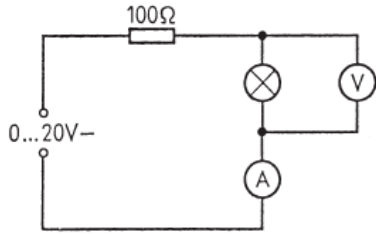


Рис. 2. Електрична схема для вимірювання опору нитки розжарення лампи

3. З'єднайте універсальну установку «Кобра 3» з комп'ютером через порт COM або USB. Запустіть програму «Measure», відкрийте вікно «Gauge», потім «Universal Writer». Виберіть «Fast measurement» і встановіть параметри (рис. 3).

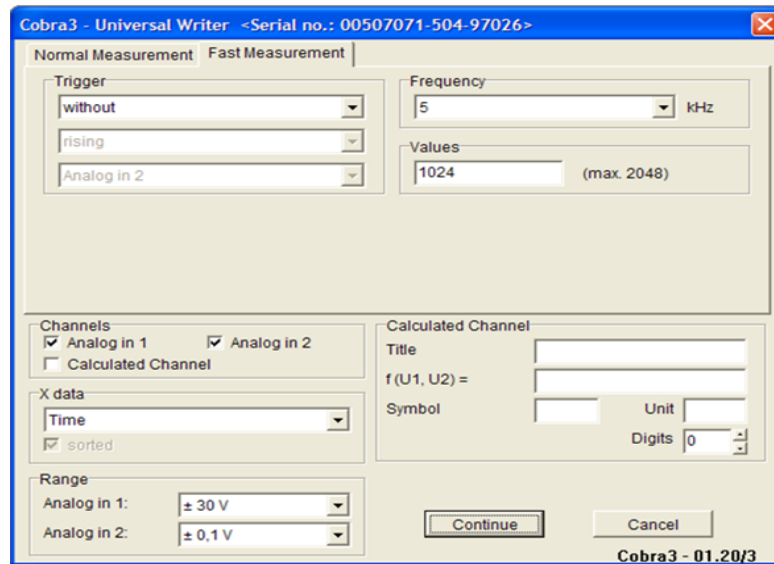


Рис. 3. Вікно параметрів «Universal Writer»

**Завдання 1.** Визначити опір нитки розжарення лампи при температурі 0 °С.

1.1. Подайте напругу на лампу. Струм має бути рівний 50 мА. При даній умові нагрівання нитки можна знехтувати й виміряти опір при кімнатній температурі  $R(t_{room})$ .

1.2. Розпочніть вимірювання. Натисніть кнопку «Continue» у вікні «Fast Measurement».

1.3. Використовуючи функцію «Survey» у вікні вимірювання величини  $U_1$  визначте інтервал напруги  $\Delta U_1$  між максимальним і мінімальним його значенням.

1.4. Обчислити ефективне значення напруги на лампі, розділивши значення  $\Delta U_1$  на  $2\sqrt{2}$ . Використовуючи закон Ома  $R = \frac{U}{I}$ , визначити опір лампи  $R(t_{room})$  при кімнатній температурі.

1.5. Використовуючи формулу

$R_0 = \frac{R(t_{room})}{1 + \alpha \cdot t_{room} + \beta \cdot t_{room}^2}$ , обчислити опір нитки розжарення лампи  $R_0$  при температурі 0 °С.

**Завдання 2.** Визначити степеневу залежність між енергією випромінювання нитки розжарення лампи та її температурою.

2.1. Встановіть нуль для термоелектрорушійної сили: при виключеній лампі у вікні вимірювання величини  $U_2$  визначте середнє значення термоелектрорушійної сили  $U_{20}$ , використовуючи функцію «Show average value» програми «Analysis». Вимірюючи термоелектрорушійної сили, варто робити поправку на величину  $U_{20}$ .

2.2. Встановіть струм на лампі 1 А. Для термостабілізації почекайте хвилину й, повторюючи пункти 2-3 першого завдання даної лабораторної роботи, визначте ефективне значення напруги  $U_{1ef}$ .

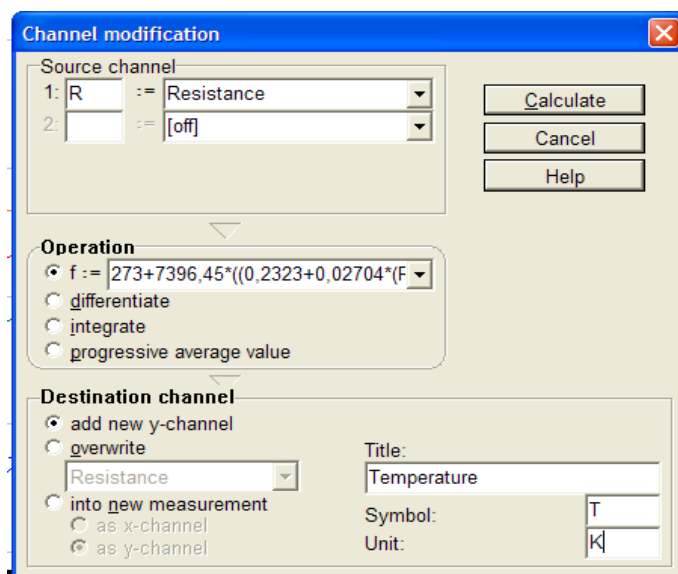


Рис. 4. Вікно визначення нових параметрів

2.3. За допомогою закону Ома обчисліть значення опору. За допомогою формули  $T = 273 + \frac{1}{2\beta} \cdot \left[ \sqrt{\alpha^2 + 4\beta \left( \frac{R}{R_0} - 1 \right)} - \alpha \right]$  визначте температуру нитки. Всі обчислення можна виконати, використовуючи функцію «Channel modification» програми «Analysis» (рис. 4).

2.4. Визначте середнє значення  $U_2$  термоелектрорушійної сили при даному значенні струму.

2.5. Збільшити струм до 5,5 А з кроком 0,5 А.

2.6. За отриманими результатами побудуйте графік залежності  $lg U_2$  від  $lg T$ . Перевірте лінійну апроксимацію, визначте значення показника степеню у законі Стефана-Больцмана. Зазначимо, що отримані результати та графіки можна зобразити за допомогою програми «Measurement», використовуючи функцію: «Enter data manually» [3, с. 31-35].

На завершенні лабораторної роботи для закріплення вивченого навчального матеріалу здобувачам освіти можна поставити наступні контрольні питання:

- 1) Яке тіло називаються абсолютно чорним?
- 2) Сформулюйте закон Стефана-Больцмана.
- 3) Яка фізична сутність температурного коефіцієнта електричного опору?

У нинішніх умовах розвитку освітнього процесу однією з найбільш важливих і стійких його тенденцій є впровадження сучасного новітнього обладнання при вивченні різних навчальних предметів. Завдяки йому на якісно вищому рівні реалізується принцип наочності навчання, який спирається на діалектико-матеріалістичну теорію пізнання, суть якої полягає у сходженні до абстрактного мислення, а від нього до практики. Головним питанням сьогодення в системі нової освіти є опанування учнями вмінь і навичок саморозвитку особистості, що значною мірою

досягається шляхом впровадження нового обладнання та правильної організації освітнього процесу [5, с. 123].

**Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок напрямку.** В останні роки значних змін зазнали вимоги до знань, умінь та навичок здобувачів освіти. Ці зміни стосується й оновлення обладнання у фізичних кабінетах. Вагомий внесок у цьому напрямку робить німецький виробник «PHYSWE». Зокрема, за допомогою новітнього німецького обладнання можна виконати чимало лабораторних робіт та експериментів не лише з фізики, а й інших дисциплін природничо-математичного циклу освітніх закладів. У цій статті, зокрема, було розглянуто можливість виконання лабораторної роботи «Закон випромінювання Стефана-Больцмана з підсилювачем» за допомогою обладнання «PHYSWE».

#### СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Заскїна Т.М., Заскїн Д.О. Фїзика (профїльний рївень, за навчальною програмою авторського колективу пїд керївництвом Локтева В.М.). Пїдручник для 11 класу закладїв загальної середньої освіти. Київ: УОБЦ Орїон, 2019. 304 с.
2. Слюсаренко В.В. Вивчення закону Малюса за допомогою новїтнього обладнання «PHYSWE». *Науковї записки. Серїя: Педагогїчні науки*. 2023. Вип. 208. С. 307-309.
3. Слюсаренко В.В., Садовий М.І. Методичнї рекомендації до виконання лабораторних робїт з оптики, термодинаміки та атомної фїзики з новїтнім обладнанням «PHYSWE». Кїровоград: ПП Халецький, 2013. 44 с.
4. Слюсаренко В.В. Навчальний фїзичний експеримент як засїб формування експериментальних компетентностей. Scientific Collection «InterConf», (111): with the Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference «Innovative Development in the Global Science» (June 6-8, 2022). Boston, USA: Independently Published, 2022. С. 420-429.

5. Слюсаренко В.В. Фізичний експеримент в навчально-виховному процесі. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, 2013. Вип. 121. Ч. 1. С. 122-126.

#### REFERENCES

1. Zasiakina, T.M., Zasiakin, D.O. (2019) Fyzyka (profilnyi riven, za navchalnoiu prohramoiu avtorskoho kolektyvu pid kerivnytstvom Loktieva V.M.). [Physics (professional level, according to the curriculum of the author's team under the leadership of V.M. Loktev)] Kyiv: [in Ukrainian].

2. Sliusarenko, V.V. (2023) Vyvchennia zakonu Maliusa za dopomohoiu novitnoho obladnannia «PHYWE». [Studying Malus's law with the latest PHYWE equipment.] Kropyvnytskyi. [in Ukrainian].

3. Sliusarenko, V.V., Sadovyi, M.I. (2013) Metodychni rekomendatsii do vykonannia laboratornykh robot z optyky, termodynamiky ta atomnoi fizyky iz novitim obladnanniam «PHYWE». [Methodical recommendations for performing laboratory work in optics, thermodynamics and atomic physics with the latest PHYWE equipment] Kirovohrad. [in Ukrainian].

4. Sliusarenko, V.V. (2022) Navchalnyi fizychnyi eksperyment yak zasib formuvannia eksperymentalnykh kompetentnosti. [Educational physical experiment as a

means of forming experimental competences.] Boston, USA: Independently Published. P. 420-429. [in USA].

5. Sliusarenko, V.V. (2013) Fyzychnyi eksperyment v navchalno-vykhovnomu protsesi. [Physical experiment in the educational process] Naukovi zapysky. Seria: Pedagogichni nauky. Vyp. 121. Ch. 1. S. 122-126. [in Ukrainian].

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**СЛЮСАРЕНКО Віктор Володимирович** – кандидат педагогічних наук, вчитель фізики та математики ліцею «Гармонія» Знам'янської міської ради Кіровоградської області.

*Наукові інтереси:* вдосконалення фізичного експерименту за допомогою новітнього обладнання.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**SLYUSARENKO Viktor Volodymyrovych** – Candidate of Pedagogical Sciences, teacher of physics and mathematics of Lyceum "Harmoniya" Znamyan City Council, Kirovohrad Region.

*Scientific interests:* improvement of the physical experiment with the help of the latest equipment.

*Стаття надійшла до редакції 20.12.2023 р.*

УДК(378.147) [519.1+517.962]

DOI: 10.36550/2415-7988-2024-1-212-141-148

#### ШИШЕНКО Інна Володимирівна –

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1026-5315>

e-mail: shiinna@ukr.net

#### ЛУКАШОВА Тетяна Дмитрівна –

доктор фізико-математичних наук, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1465-9530>

e-mail: tanya.lukashova2015@gmail.com

#### ДРУШЛЯК Марина Григорівна –

доктор педагогічних наук, професор кафедри математики, фізики та методик їх навчання Сумського державного педагогічного університету імені А.С.Макаренка

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9648-2248>

e-mail: marydru@fizmatsspu.sumy.ua

#### СКАСКІВ Лілія Василівна –

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри кібернетики та прикладної математики Державного податкового університету

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9090-6700>

e-mail: lila\_yonyk@ua.fm

### РОЗВИТОК ІНФОРМАЦІЙНО-ЦИФРОВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ МАТЕМАТИКИ ПРИ ВИВЧЕННІ ОКРЕМИХ РОЗДІЛІВ ОЛІМПІАДНОЇ МАТЕМАТИКИ

*Володіння інформаційно-цифровою компетентністю є важливим для майбутнього вчителя математики, оскільки дозволяє йому у майбутній професійній діяльності використовувати цифрові технології у навчанні учнів НУШ, забезпечує розвиток інтерактивності та колаборації у освітньому процесі ЗЗСО, формує уміння використання даних для аналізу та вдосконалення навчального процесу учнів, а також забезпечує підвищення професійного рівня та саморозвитку. Серед*