

УДК 378.147:539.16.01

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2024-1-8>

## АКТИВІЗАЦІЯ ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТІВ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ДОСЛІДЖЕННЯ $\gamma$ -ВИПРОМІНЮВАННЯ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### Подопригора Наталія Володимирівна,

докторка педагогічних наук, професорка,  
професорка кафедри природничих наук та методики їхнього навчання  
Центральноукраїнського державного університету  
імені Володимира Винниченка  
ORCID ID: 0000-0002-4092-8730  
Scopus-Author ID: 57208404495  
Web of Science Researcher ID: HTT-4681-2023

### Ковальов Леонід Євгенійович,

кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
завідувач кафедри математики і фізики  
Уманського національного університету садівництва  
ORCID ID: 0000-0003-3386-7439  
Scopus-Author ID: 7004540940  
Web of Science Researcher ID: O-3625-2015

### Соменко Дмитро Вікторович,

кандидат педагогічних наук,  
старший викладач кафедри математики та цифрових технологій  
Центральноукраїнського державного університету  
імені Володимира Винниченка  
ORCID ID: 0000-0001-6426-1507  
Scopus-Author ID: 57212457995  
Web of Science Researcher ID: HTT-5262-2023

### Чередник Діана Степанівна,

аспірантка кафедри природничих наук та методики їхнього навчання  
Центральноукраїнського державного університету  
імені Володимира Винниченка  
ORCID ID: 0000-0003-1588-0832

*У статті досліджується вплив цифрових технологій на активізацію пізнавальної діяльності студентів у лабораторному практикумі з дослідження  $\gamma$ -випромінювання. Стаття присвячена дослідженню методів організації та виконання експериментальних завдань із вивчення  $\gamma$ -випромінювання, які ґрунтуються на циклах експериментального й теоретичного дослідження. Здійснюється порівняння результатів реального та віртуального експериментів, яке дає змогу продемонструвати узгодження циклів експериментального й теоретичного дослідження. Це підкреслює важливість використання цифрових інструментів у навчанні фізики та свідчить про те, що віртуальні експерименти можуть бути ефективним доповненням до реальних досліджень. Результати дослідження засвідчують, що запропоновані варіанти організації дослідницьких і прикладних експериментів, а також феноменологічних, функціональних і константних дослідів свідчать про забезпечення вищої якості наукового пізнання студентами. Важливим аспектом дослідження є акцент на потребі активізації пізнавальної діяльності студентів. Використання програмного забезпечення для імітації виконання фізичних дослідів і лабораторних робіт з фізики може допомогти в цьому.*

Описуються особливості програмного забезпечення, що має відповідати таким вимогам: інтерактивність та візуалізація – можливість інтерактивної взаємодії з користувачем, графічна візуалізація результатів експериментів для кращого розуміння фізичних процесів; реалістичність – використання реалістичних параметрів, видача достовірних фізичних даних; можливість налаштування параметрів – зміна параметрів експериментів для дослідження різних сценаріїв та отримання різних результатів; аналіз результатів – функції для аналізу отриманих даних, включно з побудовою графіків, обробкою результатів і порівняння з теоретичними моделями; підтримка викладачів і студентів – інструменти для створення й обміну лабораторними роботами; можливості спільної роботи над проєктами викладачів і студентів (доступ до спільного хмарного середовища). Обґрунтовується, що програмне забезпечення, яке відповідає цим вимогам, ефективно допомагатиме студентам і викладачам у проведенні лабораторних робіт з фізики, а також розширить їх можливості для вивчення та дослідження фізичних явищ. Перспективи подальших досліджень вбачаються в розробці й апробації такого програмного забезпечення.

**Ключові слова:** активізація пізнавальної діяльності студентів, дослідження  $\gamma$ -випромінювання, лабораторний практикум, інтерактивні методи навчання, візуалізація даних, комп'ютерне моделювання.

**Podoprygora Nataliia, Kovalev Leonid, Somenko Dmytro, Cherednyk Diana. Activation of students' cognitive activity in the laboratory workshop on the study of  $\gamma$ -radiation using digital technologies.**

This article investigates the impact of digital technologies on enhancing students' cognitive activity in laboratory studies of  $\gamma$ -radiation. The study focuses on the development and implementation of experimental tasks based on the cycles of experimental and theoretical research. The comparison of real and virtual experiments allows us to demonstrate the alignment between the cycles, emphasize the importance of digital tools in physics education, and highlight the potential of virtual experiments to complement real-world research. The research findings indicate that the proposed research and applied experimental tasks, as well as phenomenological, functional, and constant experiments, significantly improve the quality of students' scientific knowledge. The study emphasizes the need to stimulate students' cognitive activity and highlights the potential of using software for simulating physical experiments and laboratory work in physics to achieve this goal. The article outlines the features of such software, which should meet the following requirements: Interactivity and visualization: enabling interactive user interaction and graphical visualization of experimental results for a better understanding of physical processes. Realism: using realistic parameters and providing reliable physical data. Parameter customization: allowing for the modification of experimental parameters to explore different scenarios and obtain diverse results. Result analysis: providing functions for analyzing the obtained data, including plotting graphs, processing results, and comparing them with theoretical models. Support for teachers and students: offering tools for creating and sharing laboratory work, as well as opportunities for collaborative project work between teachers and students (access to a shared cloud environment). The article argues that software meeting these requirements will effectively assist students and teachers in conducting laboratory work in physics and expand their opportunities for studying and exploring physical phenomena. The prospects for further research lie in the development and testing of such software.

**Key words:** activation of students' cognitive activity, research of  $\gamma$ -radiation, laboratory practice, interactive learning methods, data visualization, computer simulation.

**Вступ.** В умовах інформатизації суспільства одним із пріоритетних напрямів реформування та модернізації системи вищої освіти, визначеним Стратегією розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки [7], стає її цифровізація, спрямована на оновлення методів і засобів навчання, підвищення їхньої інноваційності й ефективності в досягненні стратегічної мети – забезпечення якісної освітньо-наукової діяльності студентів. Навчально-наукова діяльність студентів, як ядро освітнього процесу, потребує постійного розвитку й активізації. Цифровізація відкриває значний потенціал для її вдосконалення, зокрема, у рамках практичної складової навчання фізики.

Практична складова навчання фізики створює найбільш сприятливі умови для розв'язання зазначеної проблеми. Навчальний фізичний експеримент виступає як інструмент введення студентів у дослідницьку діяльність, забезпечуючи інтеграцію теоретичних знань і практичних дій. Це сприяє активізації пізнавальної діяльності студентів та формуванню їхніх фахових і загальних компетентностей.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблема активізації пізнавальної діяльності студентів є актуальною. Різні її аспекти висвітлювалися в працях науковців, зокрема, дослідженнями

методологічних засад розвитку пізнавальної діяльності тих, хто навчається (В. В. Давидов, 1986; Д. Ю. Ельконін, 1978; В. В. Краєвський, 1977; О. І. Ляшенко, 1998; І. С. Якіманська, 2009, та ін.); психолого-педагогічних основ активізації та розвитку пізнавальної діяльності особистості (Л. С. Виготський, 1984; О. М. Леонтьєв, 1975; І. А. Лернер, 1981; М. І. Махмутов, 1975; П. І. Підкасистий, 2008, та ін.).

Методичні особливості активізації пізнавальної діяльності досліджувалися: у формуванні фахових компетентностей майбутніх вчителів фізики (А. І. Кузьмінський, 2003; В. В. Миколайко, 2023; Н. В. Подопрігора, 2015; В. Д. Шарко, 2014; А. І. Салтикова, О. М. Завражна, В. М. Стома, 2020); на засадах розвивального навчання фізики (А. М. Андрєєв, 2019; І. Т. Богданов, 2005; Ю. П. Правдіна, 2008, та ін.); на лекціях засобами презентації (М. І. Радченко, М. О. Голубєва, Х. Ш. Бахтіярова, 2015); на практичних заняттях (Г. І. Кожевнікова, 2014); засобами навчального фізичного експерименту (С. П. Величко, 2009; В. П. Вовкотруб, 2010; А. В. Ткаченко, 2012, та ін.); засобами теоретичних узагальнень (Л. Р. Калапуша, 2007; О. А. Коновал, 2009, та ін.); засобами інформаційних технологій (О. І. Іваницький, 2012), віртуального фізичного експерименту (І. В. Сальник, 2016), STEM (О. С. Кузьменко, 2019), комп'ютерної техніки (М. В. Головка, 2015; І. І. Засядько, 2016) тощо.

Узагальнено, що діяльнісний підхід є одним із пріоритетних напрямів сучасної педагогіки, а діяльність – однією з форм активності студента, яка розвивається в процесі пізнання (у навчанні). Активізація діяльності та її розвиток взаємопов'язані та взаємообумовлені. Із цього погляду активізація освітньо-наукової діяльності студентів є необхідною умовою їхнього успішного навчання. Її можна стимулювати й розвивати за допомогою різних методів, з-поміж яких такі: *компетентнісне навчання* – формування та розвиток мотивації, інтересу, соціалізації, самостійності, творчості й інших характеристик особистості студента в процесі навчання наразі успішно вирішується в межах компетентнісної моделі навчання; метою цієї моделі є формування компетентності особистості – інтегрованої здатності вирішувати життєві, а згодом і професійні завдання [3; 4]; *проблемне навчання* – постановка проблемних запитань (відкриті запитання, що не мають однозначної відповіді; запитання, що спонукають до аналізу та синтезу інформації; запитання, що стимулюють творче мислення), організація дослідницької роботи (вибір теми дослідження; формулювання мети та завдань дослідження; збір та аналіз інформації; проведення дослідів та експериментів [6]; оформлення результатів дослідження) [2]; *проектна діяльність* – розроблення та реалізація проєктів (вибір теми проєкту; планування проєкту; збір та аналіз інформації; виконання проєкту; презентація результатів проєкту) [5]; *інтерактивні методи навчання* – дискусії (обговорення проблемних тем; обмін думками й ідеями; аргументація та захист своєї точки зору), мозкові штурми (генерація нових ідей; колективний пошук рішень; розвиток креативного мислення), рольові ігри (імітація реальних ситуацій; відпрацювання практичних навичок; розвиток комунікативних компетентностей) [9]; *використання інформаційно-комунікаційних технологій* – онлайн-курси (доступ до навчальних матеріалів у будь-який час; інтерактивні завдання, вправи, тести; спілкування з викладачем та іншими студентами), вебінари (онлайн-лекції та семінари; можливість задавати запитання викладачу; запис вебінарів для подальшого перегляду), віртуальні лабораторії та симулятори (проведення віртуальних дослідів та експериментів; вивчення принципів роботи приладів та устаткування; безпечне середовище для навчання), доповнена реальність на онлайн-платформах (візуалізація 3D-моделей та об'єктів; інтерактивне навчання з використанням AR-технологій; підвищення мотивації та інтересу до навчання); інструментів цифрових сервісів (хмарні сховища даних; онлайн-редактори текстів і таблиць; інструменти для спільної роботи над проєктами; цифрові інструменти організації освітнього процесу) [10]; *розроблення та використання навчального обладнання з фізики* (демонстраційні і лабораторні комплекти і прилади, елементи навчальної техніки, цифрові вимірювальні комплекси, комп'ютерні освітні системи і засоби (КОСН і КОЗН), спеціального освітнього програмного забезпечення (ОПЗ) [1] та інше.

Зазначені методи посилюють активізацію пізнавальної діяльності студентів у процесі навчання фізики, що сприятиме розвитку їхніх експериментаторських умінь та активізації пізнавальної діяльності в процесі засвоєння практичної складової навчання в умовах цифровізації освіти.

Водночас окремо слід виокремити проблему формування емпіричного й теоретичного знання, яка має особливе значення для навчання фізики з огляду на багатогранність і різноманітність змісту навчання фізики у його організаційно-процесуальних аспектах.

Навчання фізики потребує не лише засвоєння фактів, заснованих на феноменології навчального експерименту, але й розвитку теоретичного мислення учнів. У теорії та методиці навчання фізики існують різні методи й підходи до формування теоретичного мислення студентів.

Окремою дидактикою є принцип циклічності (В. Г. Разумовський), який організовує навчально-пізнавальну діяльність за схемою: факти → модель → наслідки → експеримент.

У контексті теоретичних узагальнень фізичного знання розроблено універсальну схему структури фізичної теорії (В. В. Мултановський): основа → ядро → висновки.

Досліджено взаємозв'язок теоретичного й емпіричного в навчанні фізики та розроблено методичну модель формування фізичного знання на концептуальній основі єдності змістового та процесуального компонентів навчального процесу з фізики за трьома складовими (О. І. Ляшенко): понятійно-категоріальна структура курсу фізики; методи пізнавальної діяльності, специфічні для теоретичного й емпіричного рівнів пізнання; механізми формування та розвитку теоретичного й емпіричного мислення.

Окремою моделлю формування змісту навчання фізики виступає коливально-хвильовий концентр (В. М. Алексєєв), що ґрунтується на подібності інтегральних наслідків диференціальних рівнянь коливальних і хвильових процесів.

Однак не всі аспекти теоретичного мислення охоплюються існуючими методиками. У контексті цифрової трансформації освіти розробка інтегрованої змістово-процесуальної основи емпіричного й теоретичного пізнання з використанням цифрових інструментів супроводу освітнього процесу має перспективи для подальшого розвитку.

Метою цієї статті є розроблення методики активізації пізнавальної діяльності студентів на основі циклу наукового пізнання природних явищ, що поєднує навчальний фізичний експеримент з його навчальною теоретичною моделлю в лабораторному практикумі з дослідження  $\gamma$ -випромінювання. Розробка використовує інформаційний підхід, який передбачає конструювання спеціального освітнього програмного забезпечення навчального призначення.

**Матеріали та методи.** За основу формування змісту запропонованої методики взято одне із завдань лабораторної роботи з фізичного практикуму з квантової фізики в курсі загальної фізики на тему «Вивчення роботи газорозрядного лічильника» [8, с. 59–66]. Одне із завдань досліджує поглинання радіоактивного  $\gamma$ -випромінювання металами.

Методологічною основою методики активізації пізнавальної діяльності студентів із дослідження  $\gamma$ -випромінювання є цикл наукового пізнання природних явищ. Дидактичною основою цього циклу слугує принцип циклічності, який складається з двох взаємозв'язаних циклів (рис. 1):

а) *теоретичний цикл*: факти, моделі, наслідки, експеримент;

б) *експериментальний цикл*: умови, результат, аналіз і інтерпретація.



Рис. 1. Цикли наукового пізнання: а) експериментальний цикл; б) теоретичний цикл



Методика активізації пізнавальної діяльності студентів згідно із циклом наукового пізнання має кілька ключових *процесуальних особливостей*:

1. Перехід від фактів до моделі: а) спільна діяльність викладача та студентів; б) відсутність посилення на авторитети; в) заохочення самостійності у висуненні правдивих гіпотез.

2. Перехід від наслідків теорії до умов експерименту: ознайомлення з умовами та можливостями експериментування.

3. Система експериментів: а) демонстраційні та лабораторні форми навчального фізичного експерименту; б) виконання додаткових віртуальних завдань.

4. Віртуальний експеримент із дослідження  $\gamma$ -випромінювання «Визначення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювання» ґрунтується на інформаційному підході. Він реалізований за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення мовою Python 3.9.

Бажаною ситуацією є тісний зв'язок між реальним і віртуальним експериментами, що узгоджує теоретичні основи вивчення досліджуваного фізичного процесу з результатами експериментального дослідження. Це означає, що такий експеримент має не ілюстративний, а доказовий характер, а його результат дає вичерпне пояснення.

У процесі наукового пізнання перехід від фактів до моделі та від наслідків до експерименту має інтуїтивний характер, тому саме вони і визначають сутність теоретичного мислення студентів з фізики.

*Обладнання*: циліндричний лічильник СТС-5, блок живлення (ВСЕ-2000), лічильний прилад Phywe Digitalcounter, електронно-променеви́й осцилограф, секундомір, радіоактивний препарат.

**Результати.** Експериментальна частина роботи передбачає складання експериментальної установки (рис. 2) та виконання такої послідовності дій:

1. Помістити поблизу лічильника радіоактивний препарат.

2. Знайти число імпульсів за 1 хв, обчислити число імпульсів  $n$  за 1 с.

3. Виміряти товщину  $X$  металеві́й пластинки за допомогою мікрометра та закрити нею радіоактивний препарат.

4. Повторити вимірювання відповідно до п. 2.

5. Узяти по черзі другу, третю і т. д. пластинки, виміряти товщину кожної, накласти на попередню пластинку поверх радіоактивного препарату і для кожного разу відповідно до п. 2 визначити число імпульсів за секунду.

6. Результати вимірювань записати в таблицю, де  $x$  – товщина однієї, двох, трьох і т. д. пластинок.

7. Побудувати графік залежності  $n = f(x)$  і за ним визначити товщину шару  $x_m$ , який повністю затримує випромінювання.

8. Використовуючи закон поглинання  $I = I_0 \exp(-\mu x)$  де  $I_0$ ,  $I$  – відповідно інтенсивність випромінювання в моменти часу  $t_0 = 0$  і  $t$ ,  $\mu$  – лінійний коефіцієнт поглинання випромінювання,  $x$  – товщина поглинаючого шару) та із співвідношення  $I \sim n$  одержимо формулу для обчислення  $\mu$ :

$$\mu = \frac{\ln n_i - \ln n_j}{x_j - x_i}$$

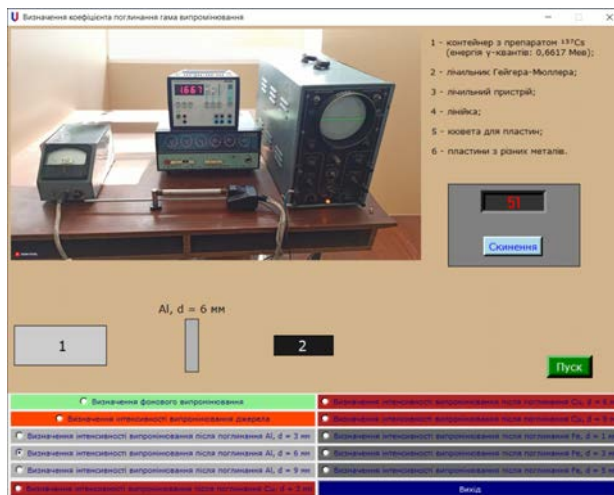


Рис. 2. Загальний вигляд авторського ОПЗ (автор: [Л. Є. Ковальов]) на Python 3.9 для віртуального дослідження «Визначення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювання», виконаного спочатку на реальному експериментальному обладнанні

9. Використовуючи результати вимірювань, потрібно врахувати природний фон лічильника й обчислити числове значення (не менше як три рази).

10. Одержати формулу для розрахунку товщини шару, з проходженням якого інтенсивність випромінювання зменшується у два рази.

11. Використовуючи знайдене значення, обчислити товщину шару половинного поглинання.

12. Обчислити похибки для  $\mu$  та  $x_{1/2}$ .

Результати експерименту для залізних пластин наведено на рис. 3.

На графіку синіми точками позначені значення виміряних фізичних величин, а червоним пунктиром – апроксимація експериментальних даних експонентою, підібраною в Excel.

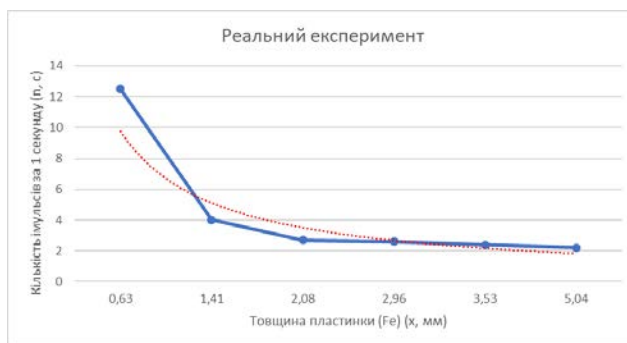


Рис. 3. Графік залежності:  $n$  (с) – кількості імпульсів, зафіксованих лічильником Гейгера,  $x$  (мм) – товщини металевій (Fe) пластини за результатами реального експерименту «Визначення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювання»

Для реалізації віртуального експерименту та перерахунку кількості імпульсів радіоактивного випромінювання після проходження пластин з досліджуваного матеріалу використовувалася така математична модель:

$$N = N_{vs} + N_f.$$

$N_{vs}$  являє собою випадкове ціле число з інтервалу  $[N_v - \Delta N_{v1}, N_v + \Delta N_{v2}]$ , де число  $N_v \cdot \epsilon$  округленням до цілого значення виразу  $N_0 \exp(-\mu d)$ .  $\mu$  – значення коефіцієнта поглинання гама-випромінювання певної енергії шаром товщиною  $d$  досліджуваного матеріалу. Числа  $\Delta N_{v1}$  і  $\Delta N_{v2}$  беруться різними з метою моделювання як випадкової, так і систематичної похибки.

Число  $N_f$  визначає радіоактивний фон, а кількість імпульсів фонового випромінювання моделюється випадковим цілим числом  $N_{fs}$  з інтервалу  $[N_f - \Delta N_f, N_v + \Delta N_f]$ .

Число  $N_{0s}$ , яке визначає кількість імпульсів радіоактивного випромінювання без поглинання, моделюється випадковим числом з інтервалу  $[N_0 + N_f - \Delta N_0, N_0 + N_f + \Delta N_0]$ .

Числа  $N_0, N_f, \Delta N_{v1}, \Delta N_{v2}, \Delta N_f, \Delta N_0, \mu, d$  задаються в моделі таким чином, щоб остання була найкраще наближена до реального експерименту, при цьому числа  $\Delta N_{v1}$  і  $\Delta N_{v2}$  можна задати різними для різних значень товщини  $d$ .

Таким чином, з використанням моделі студент отримує значення кількості імпульсів фонового випромінювання  $N_{fs}$ , кількості імпульсів випромінювання радіоактивного препарату  $N_{0s}$  та кількості імпульсів випромінювання після поглинання  $N$ .

Отже, робоча формула для визначення коефіцієнта поглинання має вигляд:

$$\mu_{exp} = \frac{1}{d} \ln \frac{N_{0s} - N_{fs}}{N - N_{fs}}$$

Інтерфейс освітнього програмного забезпечення (ОПЗ), реалізованого на Python 3.9, зображено на рис. 2.

Процес розробки програмного забезпечення для виконання лабораторної роботи з визначення коефіцієнта поглинання гамма-випромінювання має такі етапи:

1. Аналіз вимог. Збір вимог до програмного забезпечення, включно з необхідними функціональними та технічними характеристиками, специфікаціями щодо методики вимірювання, використаною апаратурою (обладнання), форматом вхідних і вихідних даних.

2. Проєктування. Розробка архітектури програмного забезпечення, визначення структури даних, алгоритмів та інтерфейсів. Важливо враховувати забезпечення точності й надійності обробки даних.

3. Розробка інтерфейсу користувача. Створення інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, що дасть користувачам змогу вводити дані, контролювати експеримент та отримувати результати.

4. Імплементация програми. Написання програмного коду відповідно до вимог та архітектури, включно з реалізацією алгоритмів обробки даних, обчисленням коефіцієнта поглинання гамма-випромінювання та функціями візуалізації перебігу вимірювань на основі розроблених алгоритмів і дизайну інтерфейсу.

5. Тестування. Проведення тестів для перевірки коректності й надійності роботи програмного забезпечення, включно з тестуванням на віртуальних даних і порівнянням результатів із відомими величинами.

6. Валідація. Підтвердження відповідності результатів, отриманих за допомогою програмного забезпечення, відомим фізичним або емпіричним даним.

7. Документація. Підготовка документації до програмного забезпечення, включно з описом функцій, інструкціями з використання та розробки, а також описом алгоритмів і методів, що використовуються.

8. Реліз і підтримка. Випуск готової версії програмного забезпечення для використання в лабораторних умовах і підтримка користувачів, включно з вирішенням проблем і вдосконаленням функціональності.

Тестування програмного забезпечення для імітування виконання фізичних дослідів і створення лабораторних робіт з фізики має важливе значення для забезпечення точності та достовірності отриманих результатів. На прикладі лабораторної роботи з визначення коефіцієнта поглинання гамма-випромінювання можна виокремити кілька ключових моментів, що підкреслюють важливість тестування програмного забезпечення:

1. У фізичних дослідах точність вимірювань та обробка даних мають вирішальне значення. Програмне забезпечення повинне імітувати реальні умови експерименту та правильно обробляти отримані дані для визначення коефіцієнта поглинання гамма-випромінювання. Тестування допомагає переконатися, що програма відповідає цим вимогам і надає точні результати.

2. У фізичних експериментах досліджувані явища можуть мати складну природу, а вимірювальні прилади – високу чутливість. Тому програмне забезпечення повинно бути надійним, щоб уникнути помилок у вимірюваннях та обробці даних. Тестування допомагає виявити й виправити можливі помилки та недоліки в роботі програми перед її використанням у реальних експериментах.

3. Ефективне програмне забезпечення спрощує процес виконання фізичних експериментів і лабораторних робіт, зменшуючи час, потрібний для підготовки та проведення експериментів. Тестування дає змогу виявити можливі шляхи оптимізації програми та зробити її більш зручною і ефективною у використанні.

4. У багатьох наукових галузях існують стандарти й вимоги до проведення експериментів та обробки даних. Програмне забезпечення повинне відповідати цим вимогам, щоб його результати були прийнятними для наукових досліджень і публікацій. Тестування допомагає переконатися, що програма відповідає цим стандартам.

У процесі тестування запропонованого програмного забезпечення особливу увагу було приділено етапам тестування, таким як оцінка виявлених помилок, їх класифікація та пріоритетність, а також валідація та верифікація відповідності програмного забезпечення очікуваним результатам.

Отже, етап тестування програмного забезпечення для імітування фізичних експериментів є невід’ємною частиною процесу розробки. Він гарантує точність, надійність і відповідність програми вимогам наукових досліджень, що є ключовими під час проведення фізичних дослідів та лабораторних робіт.

Фрагмент програмного коду на Python 3.9 для віртуального досліду частини дослідження наведено на рис. 3.

Результати виконання віртуального експерименту представлено на рис. 4. На графіку синіми точками позначені значення обрахованих ОПЗ кількості імпульсів, а червоним пунктиром – апроксимація даних експонентою, підбраною в Excel, синім пунктиром – екстраполяція даних на значення, які ОПЗ не прорахувало.

```
def vyprj():
    global k
    global v
    k = 0
    if v == 1:
        n0 = random.randint(997, 1003) + 50
        return iz(n0)
    elif v == 2:
        pr = f(0.3, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz(n)
    elif v == 3:
        pr = f(0.6, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz(n)
    elif v == 4:
        pr = f(0.9, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz(n)
    elif v == 5:
        pr = f(0.3, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    elif v == 6:
        pr = f(0.6, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    elif v == 7:
        pr = f(0.9, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    elif v == 8:
        pr = f(0.3, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    elif v == 9:
        pr = f(0.6, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    elif v == 10:
        pr = f(0.9, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return iz1(n)
    else:
        n_fon = random.randint(49, 51)
        return fon(n_fon)

def on_closing():
    if messagebox.askokcancel("Exit", "Бажаєте вийти з програми?"):
        tk.destroy()

tk = Tk()
```

```
tk.protocol("WM_DELETE_WINDOW", on_closing)
tk.title("Визначення коефіцієнта поглинання гама випромінювання")
tk.resizable(0, 0)
tk.wm_attributes("-topmost", 1)
tk.iconbitmap("favicon.ico")

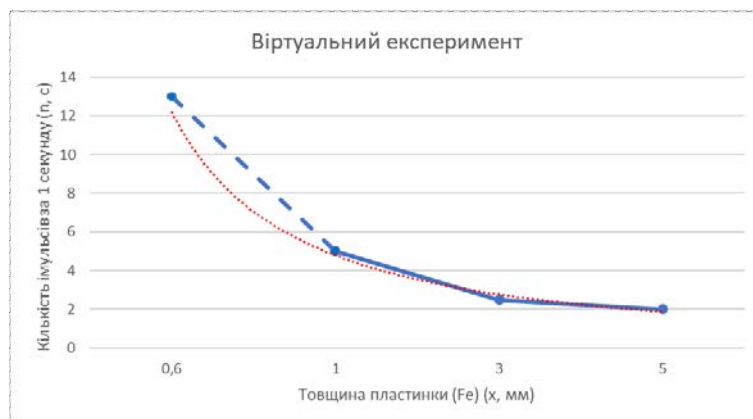
var = IntVar()
var.set(0)

def change():
    global v
    global var
    global izot1
    global izot2
    global izot3
    global izot4

    if var.get() == 0:
        v = 0
        canvas.delete(izot1)
        canvas.delete(izot2)
        canvas.delete(izot3)
        canvas.delete(izot4)
    elif var.get() == 1:
        v = 1
        canvas.delete(izot1)
        canvas.delete(izot2)
        canvas.delete(izot3)
        canvas.delete(izot4)
        izot1 = canvas.create_rectangle(10, 455, 150, 515, fill="gray80")
        izot2 = canvas.create_text(83, 485, text="1", font=("Verdana", 16))
    elif var.get() == 2:
        v = 2
        canvas.delete(izot1)
        canvas.delete(izot2)
        canvas.delete(izot3)
        canvas.delete(izot4)
        izot1 = canvas.create_rectangle(10, 455, 150, 515, fill="gray80")
        izot2 = canvas.create_text(83, 485, text="1", font=("Verdana", 16))
        izot3 = canvas.create_rectangle(275, 445, 285, 525, fill="gray70")
        izot4 = canvas.create_text(280, 430, text="Al, d = 3 мм", font=("Verdana", 12))
    elif var.get() == 3:
        v = 3
        canvas.delete(izot1)
        canvas.delete(izot2)
        canvas.delete(izot3)
        canvas.delete(izot4)
        izot1 = canvas.create_rectangle(10, 455, 150, 515, fill="gray80")
        izot2 = canvas.create_text(83, 485, text="1", font=("Verdana", 16))
        izot3 = canvas.create_rectangle(270, 445, 290, 525, fill="gray70")
        izot4 = canvas.create_text(290, 430, text="Al, d = 6 мм", font=("Verdana", 12))
```

Рис. 4. Фрагмент програмного коду на Python 3.9 для віртуального досліду «Визначення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювання» з можливістю зміни вихідних даних і генерацією випадкової похибки





**Рис. 5.** Графік залежності:  $n(c)$  – кількості імпульсів, обрахованих ОПЗ (автор: Л. Є. Ковальов) на Python 3.9,  $x(\text{мм})$  – товщини залізної (Fe) пластини за результатами віртуального дослідження «Визначення коефіцієнта поглинання  $\gamma$ -випромінювання»

Порівняння результатів реального та віртуального експериментів дає змогу продемонструвати узгодження циклів експериментального та теоретичного дослідження, які віддзеркалюють емпіричний і теоретичний методи наукового пізнання природничих явищ.

**Висновки.** Наведені варіанти організації та виконання експериментальних завдань із дослідження відповідно до спеціально організованих циклів експериментального й теоретичного дослідження свідчать про забезпечення вищої якості організації наукового пізнання студентів у визначенні фізичної сутності досліджуваних властивостей  $\gamma$ -випромінювання. Наведені приклади ілюструють реалізацію таких висновків:

Упровадження дослідницького та прикладного змісту: досліді, що ґрунтуються на реальних проблемах і мають практичне значення.

Використання феноменологічних, функціональних і константних дослідів: досліді, що вивчають явища, їх зв'язки та закономірності, а також досліді, що визначають фізичні константи. Це підтверджує потребу активізації пізнавальної діяльності студентів в навчанні фізики засобами цифрового супроводу експериментальних досліджень.

Щодо створення програмного забезпечення для імітації виконання фізичних дослідів і лабораторних робіт з фізики, воно, на нашу думку, має відповідати таким особливостям:

1. Інтерактивність і візуалізація: можливість інтерактивної взаємодії з користувачем; графічна візуалізація результатів експериментів для кращого розуміння фізичних процесів.

2. Реалістичність: використання реалістичних параметрів; видача достовірних фізичних даних.

3. Можливість налаштування параметрів: зміна параметрів експериментів для дослідження різних сценаріїв та отримання різних результатів.

4. Аналіз результатів: функції для аналізу отриманих даних, включно з побудовою графіків, обробкою результатів і порівнянням із теоретичними моделями.

5. Підтримка викладачів і студентів: інструменти для створення й обміну лабораторними роботами.

Можливості спільної роботи над проєктами викладачів і студентів (доступ до спільного хмарного середовища).

Ці особливості дадуть змогу створити програмне забезпечення, яке ефективно допомагатиме студентам і викладачам у проведенні лабораторних робіт з фізики, а також розширить їх можливості для вивчення та дослідження фізичних явищ, що є перспективами наших подальших розвідок.

### Література:

1. Ковальов Л. Є., Медведєва М. О., Побережець І. І. Використання інтерактивного імітатора фізичних процесів Step в освітньому процесі у закладах вищої освіти. *Фізико-математична освіта*. 2021. Випуск 3 (29). С. 68–73. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-011>.
2. Mykolaiko V. V. Development of independent cognitive activity of higher education applicants in teaching physics in pedagogical institutions of higher education. *Наукові інновації та передові технології*. 2023. № 10 (24). С. 463–476. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-10\(24\)-463-476](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-10(24)-463-476).
3. Подопрігора Н. В., Чередник Д. С. Розвиток навчально-пізнавальної компетентності учнів у процесі виконання практико-орієнтованих завдань з фізики в цифровій лабораторії Vernier. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2023. Вип. 92. С. 100–106. DOI: <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2023.92.1.21>.
4. Радченко М. І., Голубєва М. О., Бахтіярова Х. Ш. Засоби активізації пізнавальної діяльності студентів на лекціях. *Наукові записки НаУКМА. Педагогічні, психологічні науки та соціальна робота*. 2015. Т. 175. С. 29–32. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApp\\_2015\\_175\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApp_2015_175_5).
5. Салтикова А. І., Завражна О. М., Стома В. М. Шляхи активізації пізнавальної діяльності студентів на спеціальному практикумі з фізики мікросвіту. *Фізико-математична освіта*. 2020. Вип. 1 (23). С. 116–121. DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-019>.
6. Сальник І. В., Сірик Е. П., Соменко Д. В. Використання платформи Arduino у підготовці вчителів фізики до STEM орієнтованого навчання. *Інформаційні технології і засоби навчання*, 2023, Том 95, № 3 (2023). 228 с. С. 124–142 [Ukraine]. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155>.
7. Стратегія розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки (схвалена розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 лютого 2022 р. № 286-р) [Електронний ресурс]. Законодавство України. Верховна рада України: Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022–2032 роки» від 23 лютого 2022 р. № 286-р. URL: <http://surl.li/rqqzm> (дата звернення: 17.03.2024).
8. Царенко О. М., Сальник І. В., Сірик Е. П., Сірик П. В. Лабораторний практикум з курсу загальної фізики: квантова фізика. Навчально-методичний посібник. Кіровоград : РВВ КДПУ імені Володимира Винниченка, 2014. 86 с. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/images/KVANTOWA.pdf> (дата звернення: 17.03.2024).
9. Kostyria I., Bereziuk D., Sadovyi M., Podoprygora N., & Tryfonova O. Use of smart technologies in the training of specialists in higher education institutions. *Amazonia Investiga*. 2023. Vol. 12 (62). P. 149–157. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.62.02.13>.
10. Mykolaiko V., Honcharuk V., Gudmanian A., Kharkova Y., Kovalenko S., Byedakova S. Modern Problems and Prospects of Distance Educational Technologies. *International journal of computer science and network security*, 2022. Vol. 22, No. 9. P. 300-306. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.40>

### References:

1. Kovaliov, L.Ye., Medvedeva, M.O., & Poberezhents, I.I. (2021). Vykorystannia interaktyvnoho imitatora fizykykh protsesiv Step v osvitnomu protsesi u zakladakh vyshchoi osvety [Use of the interactive simulator of Step physical processes in the educational process in higher education institutions]. *Fizyko-matematychna osvita*. Sumy, Sumsky derzhavnyy pedahohichnyy universytet imeni A.S. Makarenka. Vol. 3 (29). P. 68–73 DOI: <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2021-029-3-011> [in Ukrainian].
2. Mykolaiko, V.V. (2023). Development of independent cognitive activity of higher education applicants in teaching physics in pedagogical institutions of higher education. *Naukovi innovatsii ta peredevi tekhnolohii*. Kyiv. Gromadska orhanizatsiia Vseukrainska Asambleia Doktoriv Nauk z Derzhavnoho Upravlinnia. Vol. 10 (24). P. 463–476. DOI: [https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-10\(24\)-463-476](https://doi.org/10.52058/2786-5274-2023-10(24)-463-476) [in English].
3. Podopryhora, N.V., & Cherednyk, D.S. (2023). Rozvytok navchalno-piznavalnoyi kompetentnosti uchniv u protsesi vykonannya praktyko-orientovanykh zavdan z fizyky v tsyfrovim laboratorii Vernier [Development of educational and cognitive competence of students in the process of performing practice-oriented tasks in physics in the Vernier Digital Laboratory]. Kyiv, Natsionalnyi pedahohichnyi universytet imeni M.P. Drahomanova. *Naukovyi chasopys Natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni M.P. Drahomanova. Seriya № 5. Pedahohichni nauky: realii ta perspektyvy*. Vol. 92. P. 100–106. DOI: <https://doi.org/10.31392/NPU-nc.series5.2023.92.1.21> [in Ukrainian].
4. Radchenko, M.I., Holubieva, M.O., & Bakhtiarova, Kh.Sh. (2015). Zasoby aktyvizatsii piznavalnoi diialnosti studentiv na leksiakh [Methods of Activating Students' Cognitive Activity in Lectures]. *Naukovi zapysky NaUKMA. Pedahohichni, psykhohichni nauky ta sotsialna robota*. Kyiv, NaUKMA. Vol. 175. P. 29–32. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApp\\_2015\\_175\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NaUKMApp_2015_175_5) [in Ukrainian].

5. Saltykova, A.I., Zavrazhna, O.M., & Stoma, V.M. (2020). Shliakhy aktyvizatsii piznavalnoi diialnosti studentiv na spetsialnomu praktykumi z fizyky mikrosvitu [Ways of activization of students' cognitive activities at the special practicum of microworld physics]. Sumy, Sumsky derzhavnyy pedahohichnyy universytet imeni A.S. Makarenka. *Fiziko-matematychna osvita*. Vol. 1 (23). P. 116–121. <https://doi.org/10.31110/2413-1571-2020-023-1-019> [in Ukrainian].
6. Salnyk, I.V., Somenko, D.V., & Siryk, E.P. (2023). Vykorystannia platformy Arduino u pidhotovtsi vchyteliv fizyky do STEM orientovanoho navchannia [Using the Arduino Platform in The Preparation of Physics Teachers for Stem-Oriented Education]. Kyiv, Instytut tsyfrovyzatsii osvity NAN Ukrainy. *Informatsiini tekhnolohiyi i zasoby navchannia*. Vol. 95, no. 3, P. 124–142. DOI: <https://doi.org/10.33407/itlt.v95i3.5155> [in Ukrainian].
7. Stratehiia rozvytku vyshchoi osvety v Ukraini na 2022–2032 roky (skhvalena rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 23 liutoho 2022 r. № 286-r) [Strategy for the Development of Higher Education in Ukraine for 2022–2032]. Zakonodavstvo Ukrainy. Verkhovna Rada Ukrainy: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy "Pro skhvalennia Stratehii rozvytku vyshchoi osvety v Ukraini na 2022–2032 roky" vid 23 liutoho 2022 r. № 286-r. Retrieved from: <http://surl.li/rqqzm> [in Ukrainian].
8. Tsarenko, O.M., Salnyk, I.V., Siryk, E.P., & Siryk, P.V. (2014). Laboratornyi praktykum z kursu zahalnoi fizyky: kvantova fizyka [General Physics Laboratory: Quantum Physics]. Nauchalno-metodychnyi posibnyk. Kirovohrad: RVV KDPU imeni Volodymyra Vynnychenka. 86 p. Retrieved from: <https://phm.cuspu.edu.ua/images/KVANTOWA.pdf> [in Ukrainian].
9. Kostyria, I., Bereziuk, D., Sadovyi, M., Podoprygora, N., & Tryfonova, O. (2023). Use of smart technologies in the training of specialists in higher education institutions. Amazonia Investiga. Iquitos, National University of the Peruvian Amazon. Vol. 12 (62), P. 149–157. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.62.02.13> [in English].
10. Mykolaiko, V., Honcharuk, V., Gudmanian, A., Kharkova, Y., Kovalenko, S., & Byedakova, S. (2022). Modern Problems and Prospects of Distance Educational Technologies. *International journal of computer science and network security*. Seoul. Soong-Sil University. Vol. 22, No. 9. P. 300–306. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.40> [in English].