

Section: Physical and Mathematical Sciences

DOI 10.70286/EOSS-06.10.2025.006

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА МЕТОДИКИ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З КУРСУ ЯДЕРНОЇ ФІЗИКИ

Ковальов Леонід

к.ф.-м.н., доцент

Побережець Іван

к.т.н., доцент

Кафедра математики і фізики

Уманський національний університет

Подопригора Наталія

д.пед.н., професор

Кафедра фізико-математичних дисциплін

Льотна академія Національного авіаційного університету

Присянкін Денис

викладач

Кафедра математики і фізики

Уманський національний університет

Україна

У даній статті досліджується вплив цифрових технологій на активізацію пізнавальної діяльності студентів у лабораторному практикумі з дослідження γ -випромінювання. Стаття присвячена дослідженню методів організації та виконання експериментальних завдань з вивчення γ -випромінювання, які ґрунтуються на циклах експериментального і теоретичного дослідження. Здійснюється порівняння результатів реального та віртуального експериментів, яке дає змогу продемонструвати узгодження циклів експериментального і 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 та прикладних експериментів, а також феноменологічних, функціональних та 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 та лабораторних робіт з фізики може допомогти у цьому. Описуються особливості такого програмного

забезпечення, яке повинне 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, включаючи побудову графіків, обробку результатів та порівняння з теоретичними моделями. Підтримка викладачів та студентів: інструменти для створення та обміну лабораторними роботами; можливості спільної роботи над проектами викладачами та студентами (доступ до спільного хмарного середовища). Обґрунтовується, що програмне забезпечення, яке відповідає цим вимогам, буде ефективно допомагати студентам та викладачам у проведенні лабораторних робіт з фізики, а також розширить їх можливості для вивчення та дослідження фізичних явищ. Перспективи подальших досліджень вбачаються у розробці та апробації такого програмного забезпечення.

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

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 та засобів навчання, підвищення їхньої інноваційності та ефективності у досягненні стратегічної мети – забезпечення якісної освітньо-наукової діяльності студентів. Навчально-наукова діяльність студентів, як ядро освітнього процесу, потребує постійного розвитку та активізації. Цифровізація відкриває значний потенціал для її вдосконалення, зокрема, в 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 (Давидов В.В., 1986; Ельконін Д.Б., 1978; Краєвський В.В., 1977; Ляшенко О.І. 1998, ; Якіманська І.С., 2009 та ін.); психолого-педагогічних основ активізації та розвитку пізнавальної діяльності особистості (Виготський Л.С., 1984; Леонтьєв О.М., 1975; Лернер І.А., 1981; Махмутов М.І., 1975; Підкасистий П.І., 2008 та ін.).

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

Узагальнено, діяльнісний підхід є одним із пріоритетних напрямів сучасної педагогіки, а діяльність є однією з форм активності студента і, яка розвивається у процесі пізнання (у навчанні). Активізація діяльності та її розвиток взаємопов'язані та взаємообумовлені. З цього погляду, активізація освітньо-наукової діяльності студентів є необхідною умовою їхнього успішного навчання. Її можна стимулювати та розвивати за допомогою різних методів, з-поміж яких такі: компетентнісне навчання: формування та розвиток мотивації, інтересу, соціалізації, самостійності, творчості та 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 проектів (вибір теми проекту; планування проекту; збір та аналіз інформації; виконання проекту; презентація результатів проекту) [5]; інтерактивні методи навчання: дискусії (обговорення проблемних тем; обмін думками та 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) [8]; 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 та таблиць; інструменти для спільної роботи над проектами; цифрові інструменти організації освітнього процесу) [9]; 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 у процесі засвоєння практичної складової навчання в умовах цифровізації освіти.

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

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 γ -випромінювання. Розробка використовує інформаційний підхід, який передбачає конструювання спеціального освітнього програмного забезпечення навчального призначення.

Матеріали та методи.

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

1. Аналіз вимог. Збір вимог до програмного забезпечення, включаючи необхідні функціональні та технічні характеристики, специфікації щодо методики вимірювання, використаної апаратури (обладнання), формату вхідних та вихідних даних.

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

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

4. Імплементація програми. Написання програмного коду відповідно до вимог та архітектури, включаючи реалізацію алгоритмів обробки даних, обчислення коефіцієнта поглинання гамма-випромінювання та функції

візуалізації перебігу вимірювань на основі розроблених алгоритмів та дизайну інтерфейсу.

5. Тестування. Проведення тестів для перевірки коректності та надійності роботи програмного забезпечення, включаючи тестування на віртуальних даних та порівняння результатів з відомими величинами.

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

7. Документація. Підготовка документації до програмного забезпечення, включаючи опис функцій, інструкції з використання та розробки, а також опис алгоритмів та методів, що використовуються.

8. Реліз та підтримка. Випуск готової версії програмного забезпечення для використання в лабораторних умовах та підтримка користувачів, включаючи вирішення проблем та вдосконалення функціональності.

Тестування програмного забезпечення для імітування виконання фізичних дослідів та створення лабораторних робіт з фізики має важливе значення для забезпечення точності та достовірності отриманих результатів.

Методологічною основою методики активізації пізнавальної діяльності студентів з дослідження γ -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.

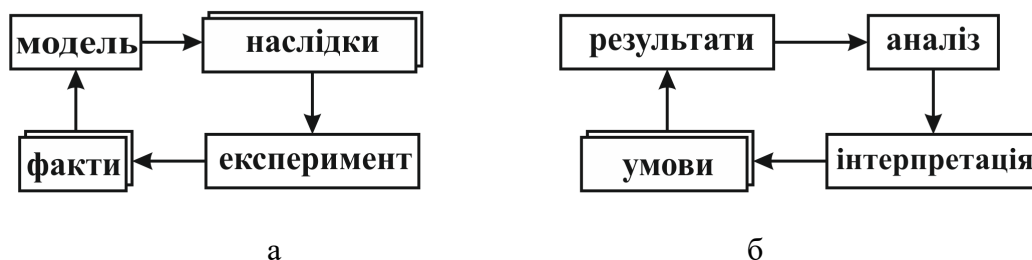


Рис. 1. Цикли наукового пізнання: а) експериментальний цикл; б) теоретичний цикл.

Методика активізації пізнавальної діяльності студентів згідно з циклом наукового пізнання включає кілька ключових процесуальних особливостей:

1. Перехід від фактів до моделі: а) спільна діяльність викладача та студентів; б) відсутність посилань 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 з дослідження γ -випромінювання «Визначення коефіцієнта поглинання γ -випромінювання» ґрунтується на інформаційному підході. Він реалізований за допомогою спеціально розробленого програмного забезпечення на мові Python 3.9.

Бажаною ситуацією є тісний зв'язок між реальним та 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 й визначають сутність теоретичного мислення студентів з фізики.

Обладнання: циліндричний лічильник СТС–5, блок живлення (ВСЕ-2000), лічильний прилад Phywe Digitalcounter, електронно-променевий 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 металевої пластинки з 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 $= 0$ і t , μ – лінійний коефіцієнт поглинання випромінювання, x – товщина поглинаючого шару) та із співвідношення $I \sim n$, одержимо формулу для обчислити μ :

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

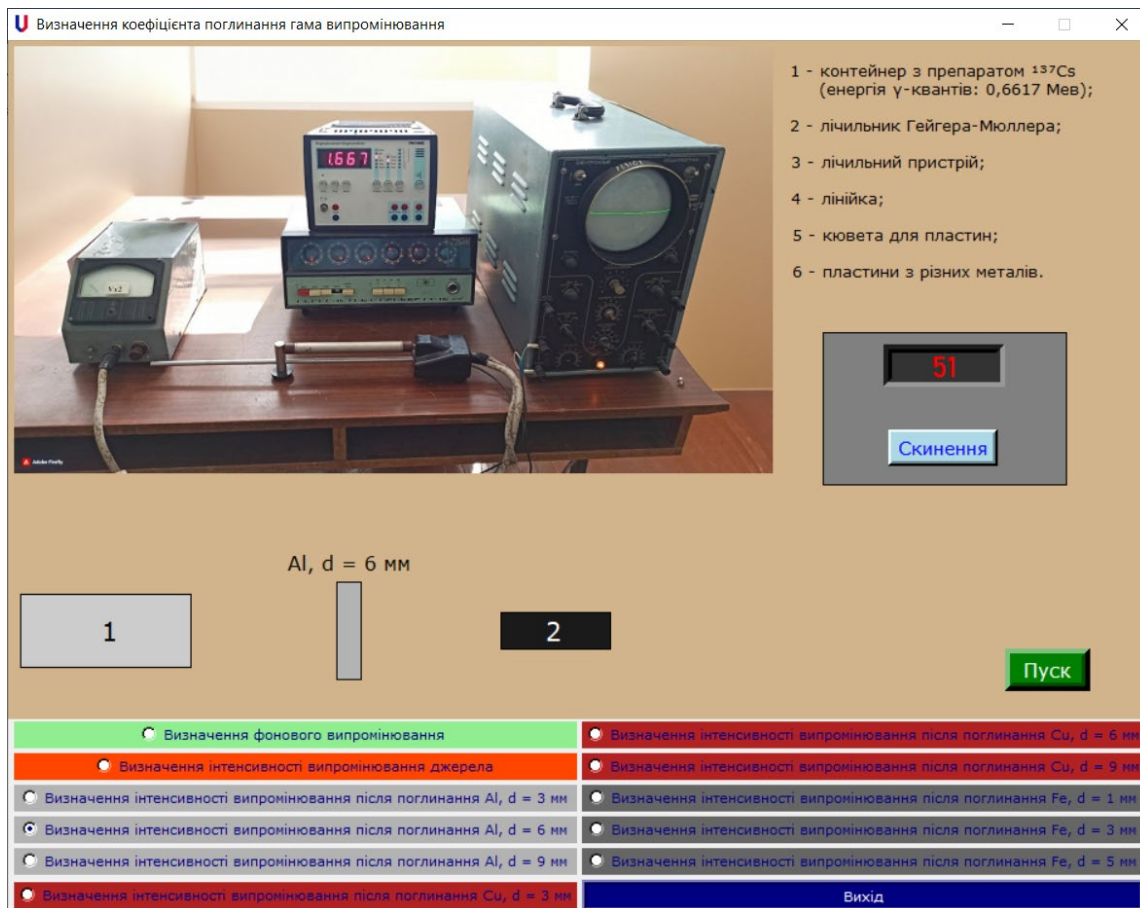


Рис. 2. Загальний вигляд авторського ОПЗ на Python 3.9 для віртуального дослідження «Визначення коефіцієнта поглинання γ -випромінювання», виконаного спочатку на реальному експериментальному обладнанні

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

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

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

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

Результати експерименту для залізних пластин представлені на рисунку 3.

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

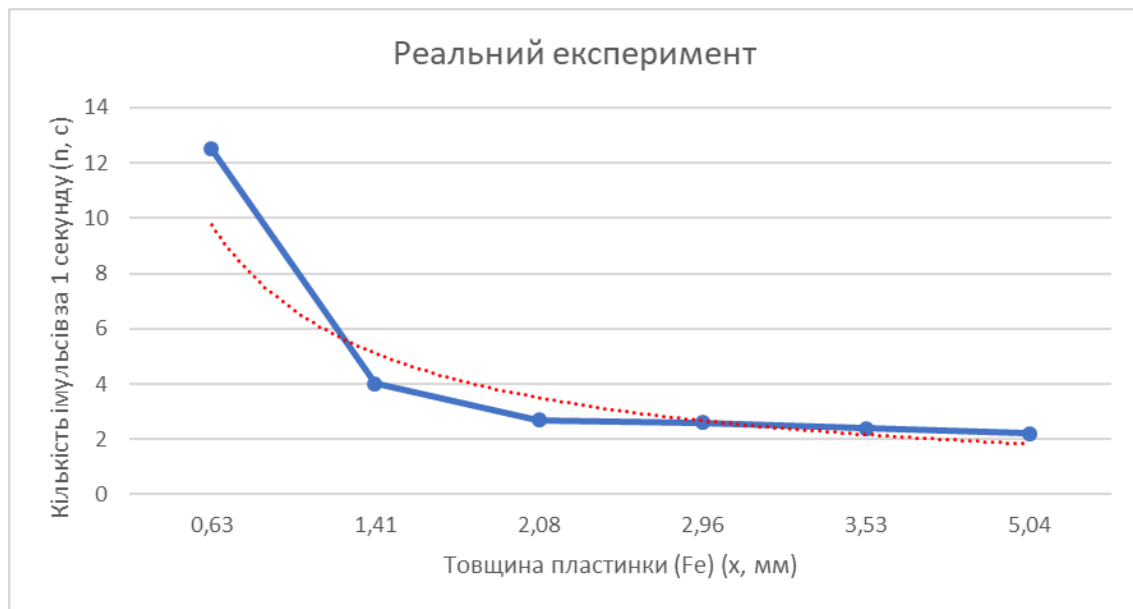


Рис. 3. Графік залежності: n (с) – кількості імпульсів, зафіксованих лічильником Гейгера, x (мм) – товщини металевієї (Fe) пластини, за результатами реального експерименту «Визначення коефіцієнта поглинання γ -випромінювання»

Для реалізації віртуального експерименту та перерахунку кількості імпульсів радіоактивного випромінювання після проходження пластин з досліджуваного матеріалу використовувалась наступна 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 є округленням до цілого значення виразу $N_0 \exp(-\mu d)$. μ – значення коефіцієнту поглинання гама-випромінювання певної енергії шаром товщиною d досліджуваного матеріалу. Числа ΔN_{v1} і ΔN_{v2} беруться різними з метою моделювання як випадкової так й 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 , ΔN_{v1} , ΔN_{v2} , ΔN_f , ΔN_0 , μ , d задаються в моделі таким чином, щоб остання була найкраще наближена до реального експерименту, при цьому числа ΔN_{v1} і ΔN_{v2} можна задати різними для різних значень товщини d .

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

Отже, робоча формула для визначення коефіцієнта поглинання має вигляд:

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

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

Фрагмент програмного коду на Python 3.9 для віртуального дослідження частини дослідження представлено на рисунку 3.

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

```
def vypr():
    global k
    global v
    k = 0
    if v == 1:
        n0 = random.randint(997, 1003) + 50
        return izl(n0)
    elif v == 2:
        pr = f(0.3, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl(n)
    elif v == 3:
        pr = f(0.6, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl(n)
    elif v == 4:
        pr = f(0.9, 1000, 0.2)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl(n)
    elif v == 5:
        pr = f(0.3, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(n)
    elif v == 6:
        pr = f(0.6, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(n)
    elif v == 7:
        pr = f(0.9, 1000, 0.642)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(n)
    elif v == 8:
        pr = f(0.3, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(n)
    elif v == 9:
        pr = f(0.6, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(n)
    elif v == 10:
        pr = f(0.9, 1000, 0.570)
        n = 50 + random.randint(pr - 2, pr + 2)
        return izl1(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(280, 430, text='Al, d = 6 мм',
                                   font=('Verdana', 12))
```

Рис. 3. Фрагмент програмного коду на Python 3.9

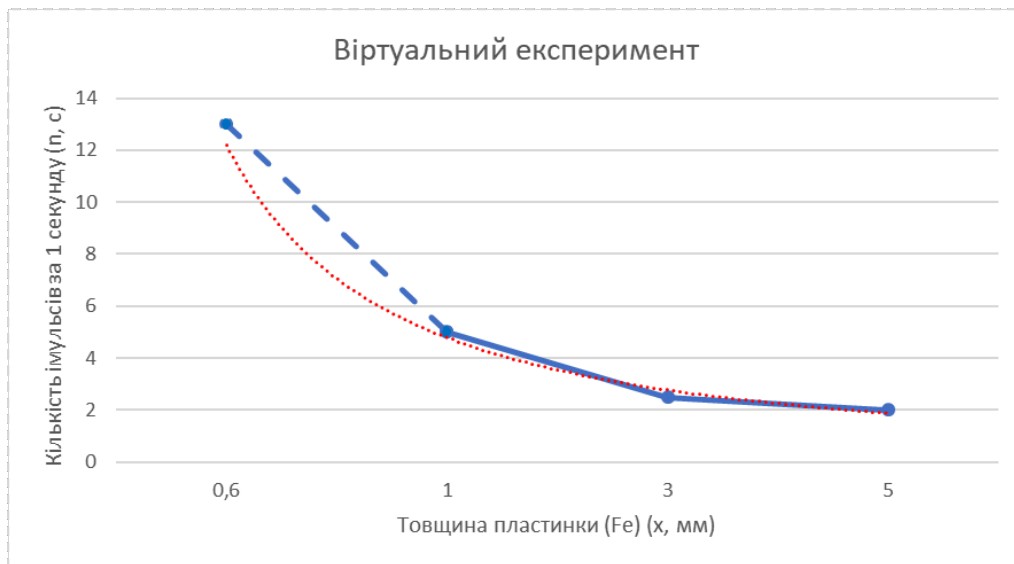


Рис. 4. Графік залежності: $n(c)$ – кількості імпульсів, обрахованих ОПЗ на Python 3.9, $x(\text{мм})$ – товщини залізної (Fe) пластини, за результатами віртуального дослідження «Визначення коефіцієнта поглинання γ -випромінювання»

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

Висновки. Наведені варіанти організації та виконання експериментальних завдань з дослідження згідно спеціально організованих циклів експериментального і теоретичного дослідження свідчать про забезпечення вищої якості організації наукового пізнання студентів у визначенні фізичної сутності досліджуваних властивостей γ -випромінювання.

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

1. Інтерактивність та 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, включаючи побудову графіків, обробку результатів та порівняння з теоретичними моделями.
5. Підтримка викладачів та студентів: інструменти для створення та обміну лабораторними роботами.

Можливості спільної роботи над проектами викладачами та студентами (доступ до спільного хмарного середовища).

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

Список використаних джерел

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
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. 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. Vol. 12(62). P. 149-157. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.62.02.13>.

9. 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. Vol. 22, No. 9. P. 300-306. DOI: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.9.40>

STUDY OF DISPERSED WAVES PROPAGATION USING CONTINUOUS WAVELET TRANSFORM

Pysarenko Alexander

c.ph.-m.s., as.prof.

Department of Physics

Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture

Ukraine

Abstract. In this work, the dynamic features of surface wave propagation were studied. The analysis was performed based on the methodology of the deformation of the wavelet transform of the analyzed signal. The estimation of both the phase velocity and the group velocity, as well as the attenuation coefficient, was performed using a model-based approach to determine the propagation operator in the wavelet domain. The calculations performed accounted for the significant nonlinearity of the dependence of the propagation operator on a set of unknown parameters. Normalization procedures for the set of parameters allowed for the explicit definition of the phase velocity, group velocity, and attenuation. Assuming that the difference between the waveforms is solely due to the dispersion characteristics and the intrinsic attenuation of the medium, a set of unknown parameters for this model was determined. The next step of the analysis was the implementation of the minimization of an appropriately defined cost function. It was found that, unlike time-frequency methods which use only the square modulus of the transform, this analysis technique allows for the realization of obtaining a complete characterization of surface waves in a dispersive and attenuating medium. We also show that, provided the analytical description within this model and the available set of experimental data are combined, it is in principle possible to separate different modes in both the time domain and the frequency domain.

Key words: wavelet transform, dispersion, phase velocity, group velocity, surface waves, attenuation.

Introduction. The study of wave propagation in complex media is a fundamental area of research across various scientific and engineering disciplines, including seismology, acoustics, and non-destructive testing, where understanding the characteristics of wave movement is crucial for material characterization and structural health monitoring. Among the most complex and informative wave phenomena are dispersed surface waves, which travel along the interface between two different media, or near the free surface of a solid, and whose velocities depend significantly on