

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

**Фізико-математичний факультет
Кафедра математики та методики її навчання**

Кваліфікаційна робота

**ІНТЕРАКТИВНІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ
ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ**

**Спеціальність 014 Середня освіта
Освітня програма Середня освіта (Математика, фізика)**

**Здобувача вищої освіти освітньо-
кваліфікаційного рівня «магістр»
Антонюк Оксани Володимирівни**

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:
кандидат фізико-математичних наук, доцент
Хохлова Лариса Григорівна

РЕЦЕНЗЕНТ:
кандидат педагогічних наук, доцент,
викладач кафедри математики та
методики її навчання
Рівненського державного гуманітарного
університету
Генсіцька-Антонюк Наталія Олександрівна

Тернопіль-2025

АНОТАЦІЯ

Антонюк О.В. Інтерактивні візуалізації тригонометричних залежностей у процесі навчання фізики. Кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 62 с.

Проаналізовано роль тригонометричних залежностей у фізичних процесах, сучасні підходи до інтерактивного моделювання та програмні засоби для створення симуляцій. Метою дослідження було обґрунтувати й реалізувати інтерактивні моделі для кращого засвоєння учнями складних фізичних явищ, зокрема гармонійних коливань. Розроблено власну інтерактивну модель синусоїдального руху точки у координатній системі з демонстрацією фізичного явища та його математичної інтерпретації.

Ключові слова: інтерактивна візуалізація, тригонометричні функції, фізичні процеси, симуляції, STEM-освіта.

ABSTRACT

Antonyuk O.V. Interactive visualizations of trigonometric dependencies in the process of teaching Physics. Master's thesis for the MA degree in the specialty 014 Secondary education. Ternopil VolodymyrHnatiuk National Pedagogical University. Ternopil, 2024. 61 p.

The role of trigonometric dependencies in physical processes, modern approaches to interactive modeling and software tools for creating simulations were analyzed. The purpose of the study was to substantiate and implement interactive models for better assimilation by students of complex physical phenomena, in particular harmonic oscillations. An own interactive model of sinusoidal motion of a point in a coordinate system was developed with a demonstration of the physical phenomenon and its mathematical interpretation.

Keywords: interactive visualization, trigonometric functions, physical processes, simulations, STEM education.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ФІЗИЦІ.....	7
1.1. Роль тригонометричних функцій у фізиці.....	7
1.2. Методи інтерактивної візуалізації математичних залежностей.....	12
1.3. Дослідження ефективності інтерактивної візуалізації у навчальному процесі	19
РОЗДІЛ II. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ.....	28
2.1. Аналіз програмних засобів для створення інтерактивних візуалізацій.....	28
2.2. Розробка інтерактивної моделі тригонометричної функції для демонстрації фізичного явища.....	32
2.3. Дослідження ефективності інтерактивної візуалізації у навчальному процесі	40
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТКИ.....	53

ВСТУП

Актуальність дослідження. У сучасному освітньому процесі спостерігається стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій, що відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчання точних наук, зокрема фізики та математики. Інтерактивні технології дозволяють учням наочно спостерігати динаміку процесів, що раніше вивчалися лише теоретично, а також здійснювати експериментальні моделювання складних явищ. Особливо актуальною є інтеграція математичних знань із практичними фізичними прикладами, де тригонометричні функції стають основою для опису періодичних коливань, гармонічних рухів та інших фізичних процесів.

Тригонометричні функції у фізиці виконують фундаментальну роль, оскільки вони дозволяють описати закономірності коливальних та хвильових процесів, зокрема гармонічні коливання пружинних систем, маятників, а також електромагнітних хвиль. Однак традиційні методи навчання обмежують можливості візуалізації та експериментальної перевірки таких залежностей. Це призводить до недостатнього розуміння учнями зв'язку між математичною абстракцією та реальними фізичними явищами.

Сучасні дослідження підтверджують ефективність інтерактивних моделей та цифрових візуалізацій у навчанні. Так, М. Астаф'єва, О. Іваненко, Г. Петрів демонструють переваги застосування цифрових інструментів для вивчення математики, що включає тригонометричні залежності, з можливістю їхньої інтеграції у фізичні експерименти. Подібні підходи сприяють розвитку просторового та аналітичного мислення учнів, підвищують мотивацію до навчання та формують компетентності у галузі математичного моделювання.

Використання програмного забезпечення для інтерактивної візуалізації, зокрема GeoGebra та інших мультимедійних платформ, відкриває нові горизонти. Ці інструменти дозволяють реалізувати віртуальні лабораторні роботи, моделювати фізичні системи та експериментально перевіряти

математичні закономірності, що підвищує глибину розуміння навчального матеріалу.

Дослідження методичних аспектів інтерактивного навчання тригонометрії у старшій школі, що проводили І. Михальченко, О. Толкачова, О. Вітковська, Д. Добрик, Ю. Простакова, свідчать, що застосування цифрових моделей дозволяє учням не лише краще засвоювати абстрактні математичні поняття, але й бачити їх практичне відображення у фізичних процесах. Це формує цілісне уявлення про взаємозв'язок математичної теорії та фізичних явищ.

Особливо важливим аспектом є візуалізація періодичних коливань у реальному часі, що дозволяє відтворювати рух тіл, графічно демонструвати синусоїдальні залежності та спостерігати зміну параметрів системи під впливом різних факторів. Такі підходи сприяють формуванню навичок експериментальної роботи та математичного моделювання.

Важливість вибору цієї теми обумовлена також науковою новизною підходів до інтерактивної візуалізації тригонометричних залежностей, яку досліджували О. Андрусенко, Ю. Ботузова та О. Лужко. Їхні роботи підтверджують, що поєднання математичної строгості з наочністю та інтерактивністю дозволяє підвищити ефективність навчання та глибину засвоєння фізичних концепцій.

Отже, актуальність дослідження полягає у необхідності впровадження ефективних інтерактивних засобів, що поєднують математичну точність і наочність фізичних процесів. Спонукає до вибору цієї теми потреба у підвищенні якості навчання учнів, формуванні їхніх навичок моделювання та аналітичного мислення, а також розвитку цифрової компетентності у сфері науки та освіти.

Метою дослідження є обґрунтування та реалізація інтерактивних візуальних моделей тригонометричних залежностей, що покращуватимуть засвоєння фізичних процесів та явищ.

Завдання дослідження.

1. Проаналізувати роль та особливості застосування тригонометричних функцій у фізиці.
2. Дослідити сучасні методи інтерактивної візуалізації математичних та фізичних залежностей.
3. Визначити програмні засоби, які дозволяють створювати інтерактивні моделі фізичних процесів.
4. Розробити інтерактивну модель тригонометричної функції для демонстрації конкретного фізичного явища.
5. Оцінити ефективність інтерактивної візуалізації у навчальному процесі.

Об'єкт дослідження – процес навчання фізики та математики у середніх навчальних закладах.

Предмет дослідження – інтерактивні моделі тригонометричних функцій, що використовуються для демонстрації фізичних явищ та процесів.

Методи дослідження:

- ~ аналіз науково-методичної літератури;
- ~ систематизація та узагальнення педагогічного та математичного досвіду;
- ~ моделювання та програмна реалізація інтерактивних візуалізацій;
- ~ тестування ефективності навчальних моделей.

Практичне значення роботи полягає у створенні інтерактивної моделі, яка може бути використана у навчальному процесі для демонстрації фізичних явищ, підвищення мотивації учнів та розвитку їх аналітичних та візуалізаційних здібностей.

Структура роботи складається з вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальна кількість сторінок роботи становить 62, кількість використаних джерел 48, кількість таблиць 4, кількість рисунків 14.

РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У ФІЗИЦІ

1.1. Роль тригонометричних функцій у фізиці

Тригонометричні функції є однією з фундаментальних складових математичного апарату, який застосовується для опису фізичних явищ. Вони дозволяють моделювати періодичні процеси, коливання, хвильові рухи та інші динамічні явища, які зустрічаються у класичній та сучасній фізиці. У сучасній освіті акцент робиться на інтерактивному вивченні тригонометричних залежностей, що сприяє формуванню просторового мислення та наочності навчального матеріалу. Високий рівень абстракції тригонометричних функцій ускладнює їхнє засвоєння без використання візуалізаційних засобів. Інтерактивні моделі дозволяють учням спостерігати динаміку процесів та зв'язок математичних формул із реальними фізичними явищами. Даний підрозділ присвячений аналізу ролі та значення тригонометричних функцій у фізиці, методам їх застосування та прикладам використання у навчальному процесі.

На думку О. Андрусенка, тригонометричні функції описують закономірності періодичних процесів, які виникають у фізиці, зокрема гармонічних коливань. У його підручнику наведено визначення синуса та косинуса як функцій кута прямокутного трикутника на одиничному колі:

$\sin \alpha = \frac{a}{c}$ — відношення протилежного катета до гіпотенузи.

$\cos \alpha = \frac{b}{c}$ — відношення прилеглого катета до гіпотенузи.

$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$ — відношення протилежного катета до прилеглого.

$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$ — відношення прилеглого катета до протилежного.

У випадку одиничного кола тригонометричні функції визначаються через координати точки на колі радіуса $R=1$.

Нехай координати точки $P(x,y)$ визначаються так:

$$x = \cos \alpha \quad (1)$$

$$y = \sin \alpha \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y}{x} \quad (3)$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{x}{y} \quad (4)$$

Ці функції дозволяють математично моделювати коливальні процеси у механіці, електродинаміці та оптиці [1, с. 45]. Тригонометричні функції є основою для побудови моделей гармонічних рухів та аналізу хвильових процесів. На думку автора, без розуміння цих функцій учень не може повноцінно описати фізичні системи з періодичними змінами. Ця методика закладає основу для подальшого застосування інтерактивних моделей у навчанні. Вивчення функцій синуса та косинуса є першим кроком до розуміння складних фізичних процесів.

М. Астаф'єва, О. Іваненко та Г. Петрів у своєму дослідженні вказують, що інтерактивні цифрові засоби дозволяють учням наочно спостерігати залежності між математичною формулою та фізичним явищем [2, с. 46]. У дослідженні авторів застосування графіків тригонометричних функцій дає змогу відтворювати гармонічні коливання маси на пружині, маятника або коливання електричного струму в колі. Вони підкреслюють, що використання комп'ютерної графіки значно підвищує рівень розуміння учнями періодичних процесів. Тригонометричні функції тут виступають інструментом для зв'язку абстрактної математики з наочною фізичною моделлю. Автори зазначають, що інтерактивні моделі сприяють формуванню аналітичного та просторового мислення. Вони також дозволяють експериментувати з параметрами системи, що неможливо у класичному лабораторному експерименті.

На думку Г. Бевз та В. Бевз тригонометричні функції є основним інструментом для опису механічних коливань та хвильових процесів у фізиці [3, с. 78]. У їхньому підручнику наведено формули гармонічного руху:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \gamma) \quad (5)$$

$$v(t) = \frac{dx}{dt} = A\omega \cos(\omega t + \gamma) \quad (6)$$

Ці формули дозволяють визначати положення та швидкість коливальної системи в будь-який момент часу. Вони підкреслюють важливість тригонометричних функцій для аналізу резонансних явищ та обчислення амплітуд коливань. На думку авторів, знання синуса і косинуса дає змогу прогнозувати поведінку фізичної системи. Тригонометричні функції дозволяють формалізувати спостереження та забезпечити точність розрахунків у лабораторних експериментах.

У підручнику А. Бендюк детально розглядає тригонометричні функції як інструмент для моделювання коливальних процесів у фізиці [4, с. 103]. Він вказує, що гармонічний рух може бути описаний рівнянням:

$$a(t) = -\omega^2 A \sin(\omega t + \varphi), \quad (7)$$

де $a(t)$ – прискорення тіла, ω – кутова частота, A – амплітуда коливання, φ – початкова фаза. Автор вважає, що розуміння цієї залежності дозволяє учням передбачати динаміку руху тіл у різних фізичних системах. Тригонометричні функції у цьому випадку забезпечують зв'язок між положенням, швидкістю та прискоренням. На думку А. Бендюка, така математична строгість у поєднанні з візуалізацією суттєво покращує засвоєння матеріалу.

І. Бідловський у своєму дослідженні підкреслює, що спостереження природних явищ, таких як захід сонця, дозволяє учням візуалізувати синусоїдальні залежності у реальному житті [5, с. 127]. У дослідженні наводиться приклад графіка висоти Сонця над горизонтом упродовж доби, який наближається до функції синуса:

$$h(t) = h_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right) \quad (8)$$

де $h(t)$ – висота Сонця, T – період добових змін. Автор зазначає, що такі наочні приклади підвищують інтерес студентів до вивчення тригонометрії у фізиці. На думку дослідника, зв'язок математичної моделі з реальним явищем сприяє розвитку аналітичного мислення. Використання таких моделей допомагає учням зрозуміти абстрактні поняття через конкретні приклади.

У своєму дослідженні Ю. Ботузова зазначає, що імерсивні технології та інтерактивні моделі дозволяють учням експериментально досліджувати тригонометричні функції в фізичних процесах [6, с. 125]. Наприклад, використання графічного відображення у віртуальній лабораторії дозволяє змінювати параметри амплітуди та частоти й спостерігати зміну коливань у реальному часі. Автор підкреслює, що такі технології підвищують мотивацію до вивчення складних математичних моделей. На думку дослідниці, інтерактивність забезпечує глибше розуміння зв'язку між формулою та фізичним явищем. Це дозволяє зменшити розрив між теоретичними знаннями та практичним застосуванням.

Л. Бригінець, В. Подласов та С. Матвійчук у своєму навчальному посібнику зазначають, що тригонометричні функції використовуються для розв'язування задач із гармонічних коливань та коливальної механіки [7, с. 142]. Вони наводять приклад розрахунку енергії коливальної системи:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2, \quad (9)$$

де k – жорсткість пружини, m – маса тіла, A – амплітуда коливання. На думку авторів, використання тригонометричних функцій дозволяє точно визначати кінетичну та потенційну енергію системи в будь-який момент часу. Це сприяє розвитку практичних навичок розв'язування задач у дітей.

В. Титаренко підкреслює, що знання тригонометричних функцій необхідне для моделювання періодичних процесів у різних розділах фізики [43, с. 211]. У підручнику наведено приклад опису коливань маятника:

$$\theta(t) = \theta_{max} \cos(\sqrt{\frac{g}{l}}t), \quad (10)$$

де $\theta(t)$ – кут відхилення маятника, g – прискорення вільного падіння, l – довжина маятника. Автор вважає, що інтерактивні графічні моделі дозволяють учням візуалізувати процеси та порівнювати результати з аналітичними обчисленнями. Це сприяє кращому розумінню фізичних явищ та розвитку математичної компетентності.

Для наочного узагальнення основних функцій та їх застосування у фізиці наведемо таблицю, де представлено синус, косинус та їх практичне використання у різних фізичних процесах. Таблиця 1.1. демонструє зв'язок математичної функції та фізичного явища, що підтверджує ефективність інтерактивних візуалізацій.

Таблиця 1.1.

Зв'язок математичної функції та фізичного явища

Функція	Формула	Фізичне застосування	Джерело
Синус	$x(t) = A\sin(\omega t + \gamma)$	Гармонічний рух пружини	[3, с.78]
Косинус	$v(t) = \frac{dx}{dt}$ $= A\omega\cos(\omega t + \gamma)$	Маятник	[43, с.211]
Синус	$(t) = h_{max}\sin\left(\frac{2\pi}{T}t\right)$	Висота Сонця над горизонтом	[5, с.127]

Отже, тригонометричні функції є ключовим інструментом для моделювання та опису фізичних процесів. Застосування інтерактивних та цифрових моделей значно підвищує ефективність навчання. Використання синуса та косинуса дозволяє учням спостерігати періодичні процеси, розраховувати швидкість, прискорення та енергію системи. Інтерактивні візуалізації забезпечують зв'язок між математичними формулами та практичними явищами, сприяють розвитку аналітичного мислення та мотивації до навчання. Такий підхід формує глибоке розуміння фізики як науки та підвищує рівень компетентності майбутніх фахівців.

1.2. Методи інтерактивної візуалізації математичних залежностей

У сучасній освіті інтерактивна візуалізація є потужним інструментом для формування у учнів глибокого розуміння математичних та фізичних закономірностей. Використання інтерактивних методів дозволяє не лише демонструвати абстрактні функції та рівняння, але й активізувати когнітивну діяльність учнів через моделювання, експериментування та аналіз отриманих результатів. Візуалізація сприяє ефективнішому засвоєнню складних математичних залежностей, таких як тригонометричні функції та їх застосування у фізиці.

Інтерактивні технології включають використання комп'ютерних програм, мультимедійних засобів, віртуальних лабораторій та спеціалізованих середовищ для побудови динамічних моделей [47, с.90]. Одним із прикладів є середовище GeoGebra, що дозволяє наочно демонструвати графіки функцій, будувати дотичні, вектори та геометричні конструкції [36, с.68]. Формули математичних залежностей можна відразу перевіряти та коригувати, що підвищує інтерактивність уроку [2, с.48]. Таким чином, методи інтерактивної візуалізації стають ключовими у формуванні компетентностей сучасного учня.

Одним із базових методів інтерактивної візуалізації є графічне моделювання функцій. Через графіки можна наочно показати зміну значення функції залежно від аргументу, наприклад, синуса чи косинуса (рис.1.1).

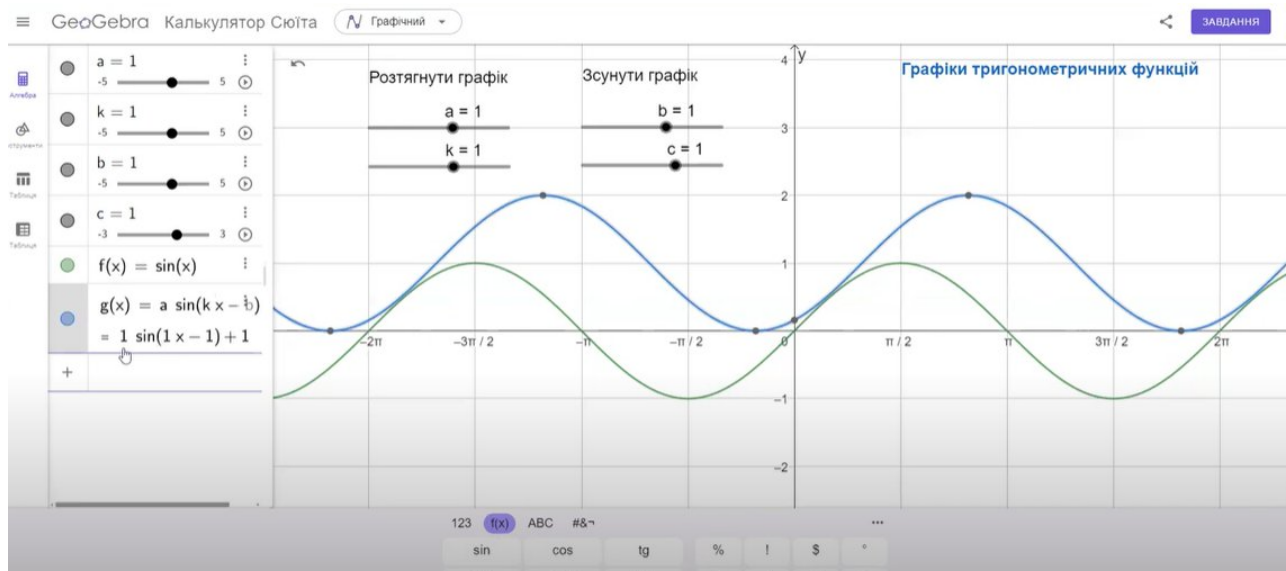


Рис.1.1. Зміна значення функції залежно від аргументу(GeoGebra)

У дослідженнях зазначено, що демонстрація графіків за допомогою комп'ютерних програм підвищує швидкість та якість сприйняття матеріалу [19, с.35]. Інтерактивні графіки дозволяють учням змінювати параметри функцій та спостерігати зміни в реальному часі [2, с.47]. Такий метод допомагає формувати уявлення про амплітуду, періодичність та фазу коливань [15, с.1125]. Використання графічних моделей є ефективним для пояснення складних фізичних процесів, таких як гармонічні коливання [7, с.54]. Застосування графіків у навчанні математики та фізики сприяє активізації пізнавальної діяльності [28, с.301].

Інтерактивні віртуальні лабораторії дозволяють проводити експерименти з математичними та фізичними моделями без обмежень матеріальними ресурсами [9]. Наприклад, візуалізація руху маятника або пружинної системи дає змогу бачити залежності між кутом відхилення та швидкістю [15, с.1126] (рис.1.2).

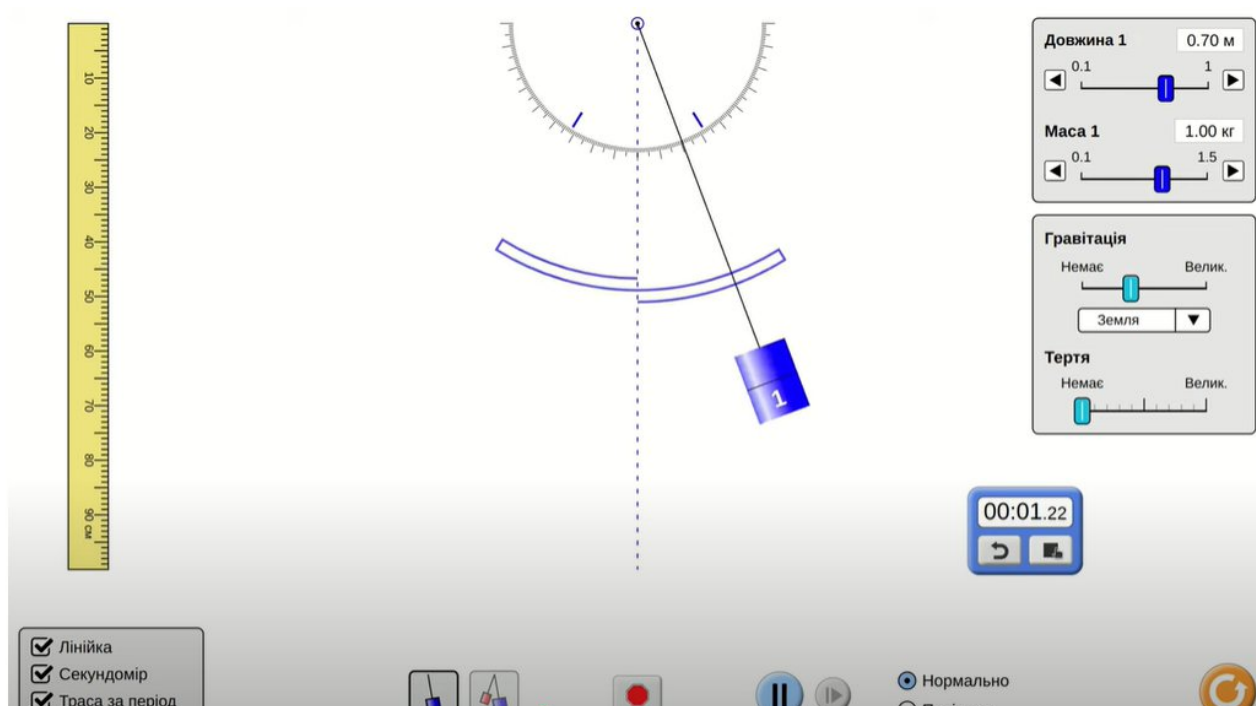


Рис.1.2. Віртуальна фізична лабораторія – рух маятника

Дослідження показують, що такий метод підвищує мотивацію та сприяє більш глибокому розумінню фізичних явищ [10, с.113]. Віртуальні лабораторії забезпечують інтерактивність через можливість змінювати параметри та аналізувати результати [27, с.53]. Це також дозволяє учням перевіряти математичні залежності на практиці [2, с.48]. Методи віртуальних експериментів зменшують ризик помилок та спрощують роботу з складними обчисленнями [6, с.125]. Отже, вони є важливим засобом формування компетентностей у учнів.

Використання анімованих моделей допомагає у відображенні динамічних процесів, таких як гармонічні коливання, обертальні рухи та хвильові явища [7, с.56] (рис.1.3).

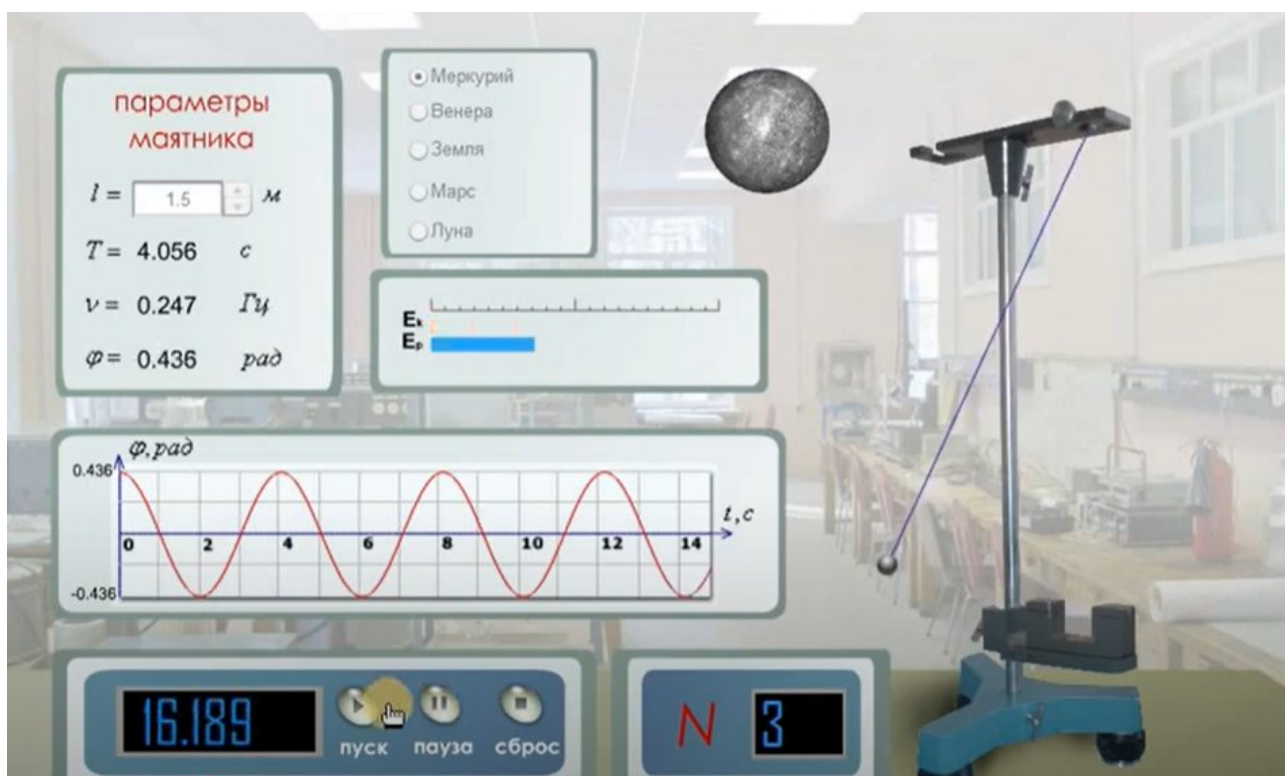


Рис.1.3. Віртуальна фізична лабораторія – математичний маятник

У дослідженні зазначено, що анімації дозволяють учням спостерігати зміни у часі, що підвищує розуміння причинно-наслідкових зв'язків [15, с.1127]. Інтерактивна анімація дозволяє регулювати швидкість руху, змінювати амплітуду та фазу, тим самим забезпечуючи експериментальний підхід до навчання [2, с.47]. Анімовані моделі добре поєднуються з графічними та віртуальними лабораторіями [36, с.70]. На думку дослідників, інтеграція анімацій у навчальний процес сприяє формуванню просторового та часового сприйняття математичних залежностей [6, с.127]. Таким чином, анімації стають ефективним інструментом візуалізації.

Мультимедійні презентації є традиційним, але ефективним методом інтерактивної демонстрації математичних залежностей [39]. Вони дозволяють поєднувати текст, графіку, анімацію та відео для пояснення складних процесів [2, с.48] (рис.1.4).

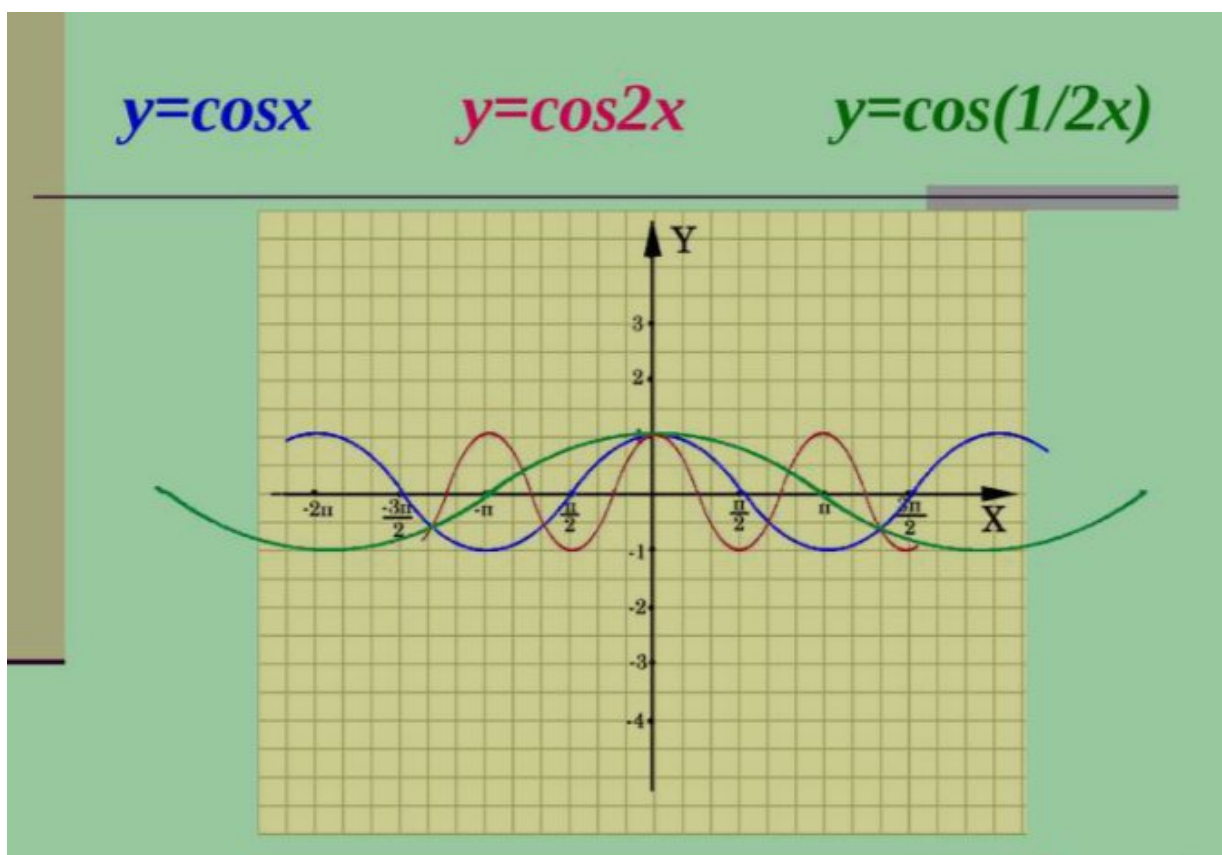


Рис.1.3. Фрагмент презентації

Використання мультимедіа покращує засвоєння матеріалу та дозволяє ефективніше пояснювати абстрактні поняття [28, с.302]. Презентації також забезпечують інтерактивні елементи, наприклад, кнопки для зміни параметрів функції [36, с.72]. На думку експертів, інтерактивні презентації сприяють активізації уваги та залученню учнів у навчальний процес [6, с.128]. Використання мультимедіа у поєднанні з практичними вправами дає максимальний ефект у вивченні математичних залежностей.

Симуляції з використанням GeoGebra та подібних середовищ дозволяють моделювати залежності та змінювати параметри функцій у режимі реального часу [36, с.73]. Інтерактивні симуляції допомагають учням краще розуміти функціональні залежності та закономірності [19, с.36]. Симуляції дозволяють застосовувати принцип «навчання через дію», коли зміни параметрів одразу видно на графіку [2, с.49]. Це сприяє розвитку навичок аналізу та прогнозування результатів [6, с.130]. Такі методи особливо ефективні у вивченні коливальних та періодичних процесів [15, с.1128]. Використання

Відеоуроки можуть бути інтегровані з тестовими завданнями та інтерактивними графіками [36, с.75]. Такий метод особливо корисний для дистанційного навчання [6, с.134]. Інтерактивне відео стимулює самостійну роботу учнів та формує аналітичні навички [40, с.129]. Це забезпечує комплексний підхід до вивчення математичних залежностей.

Поєднання кількох інтерактивних методів є найбільш ефективним для засвоєння матеріалу [2, с.53]. Наприклад, комбінація графічного моделювання, анімацій, AR та віртуальних лабораторій дозволяє учням комплексно вивчати функціональні залежності [36, с.76]. Комбіновані методи підвищують ефективність засвоєння матеріалу та розвивають просторове та логічне мислення [6, с.135]. Поєднання методів дозволяє адаптувати навчання до різних стилів сприйняття учнів [19, с.37]. Це сприяє формуванню компетентностей, необхідних у сучасній науково-технічній діяльності [2, с.54]. Таким чином, інтеграція різних інтерактивних методів є ключовою для ефективного навчання.

Нижче наведена таблиця основних методів інтерактивної візуалізації математичних залежностей з прикладами їх застосування у навчальному процесі. Таблиця 1.2. систематизує інформацію про метод, його опис, форму подання та приклади використання.

Таблиця 1.2.

Методи інтерактивної візуалізації математичних залежностей

Метод	Опис	Приклади застосування
Графічне моделювання	Побудова графіків функцій із можливістю зміни параметрів	Візуалізація синуса та косинуса, гармонічних коливань
Віртуальні лабораторії	Онлайн-експерименти з математичними моделями	Моделювання маятника, пружинної системи
Анімації	Демонстрація динамічних процесів	Гармонічні коливання, обертальні рухи
Мультимедіа	Поєднання тексту, графіки,	Презентації функцій та

	анімації	фізичних процесів
GeoGebra/Симуляції	Інтерактивне моделювання функцій	Динамічне дослідження параметрів функцій
Доповнена реальність (AR)	Візуалізація в реальному просторі	Пружинні системи, обертальні тіла
Інтерактивні відеоуроки	Відео з інтерактивними елементами	Повторення матеріалу, дистанційне навчання
Комбіновані методи	Поєднання декількох технологій	Комплексне вивчення функціональних залежностей

Отже, інтерактивна візуалізація математичних залежностей значно підвищує ефективність навчання, дозволяє учням глибше розуміти закономірності та розвивати аналітичні та просторові навички. Комбінування різних інтерактивних методів, таких як графічні моделі, анімації, віртуальні лабораторії та AR, забезпечує максимально ефективне сприйняття матеріалу. Використання таких методів у навчальному процесі сприяє формуванню компетентностей, необхідних для науково-технічної діяльності сучасного учня [6, с.135].

1.3. Дослідження ефективності інтерактивної візуалізації у навчальному процесі

Інтерактивні візуалізації у вивченні фізичних процесів стають невід'ємним компонентом сучасної освіти, оскільки вони дозволяють учням спостерігати динаміку явищ у реальному часі, моделювати експерименти та одразу аналізувати результати. Традиційне навчання часто обмежене статичними схемами та графіками, що не забезпечує повного сприйняття складних процесів. Використання інтерактивних технологій підвищує мотивацію учнів, покращує розуміння абстрактних концепцій і дозволяє

безпечне проведення дослідів, які у реальному житті є небезпечними або дорогими. Інтерактивна візуалізація об'єднує моделі, графіки та анімацію, що допомагає формувати системне бачення явищ і закономірностей. Крім того, такі методи сприяють розвитку критичного мислення та навичок самостійного аналізу даних. У сучасних навчальних середовищах активно використовують програмні продукти на зразок GeoGebra, PhET та різноманітні VR/AR модулі, що дозволяють інтегрувати математику та фізику. У цьому розділі будуть розглянуті особливості застосування інтерактивних візуалізацій у навчанні фізики з посиланням на відповідні джерела.

Однією з основних особливостей інтерактивних візуалізацій є можливість моделювання механічних процесів у реальному часі, що дозволяє учням аналізувати залежність швидкості, прискорення та сили. Наприклад, у класичній механіці руху тіла по похилій площині (рис.1.5).

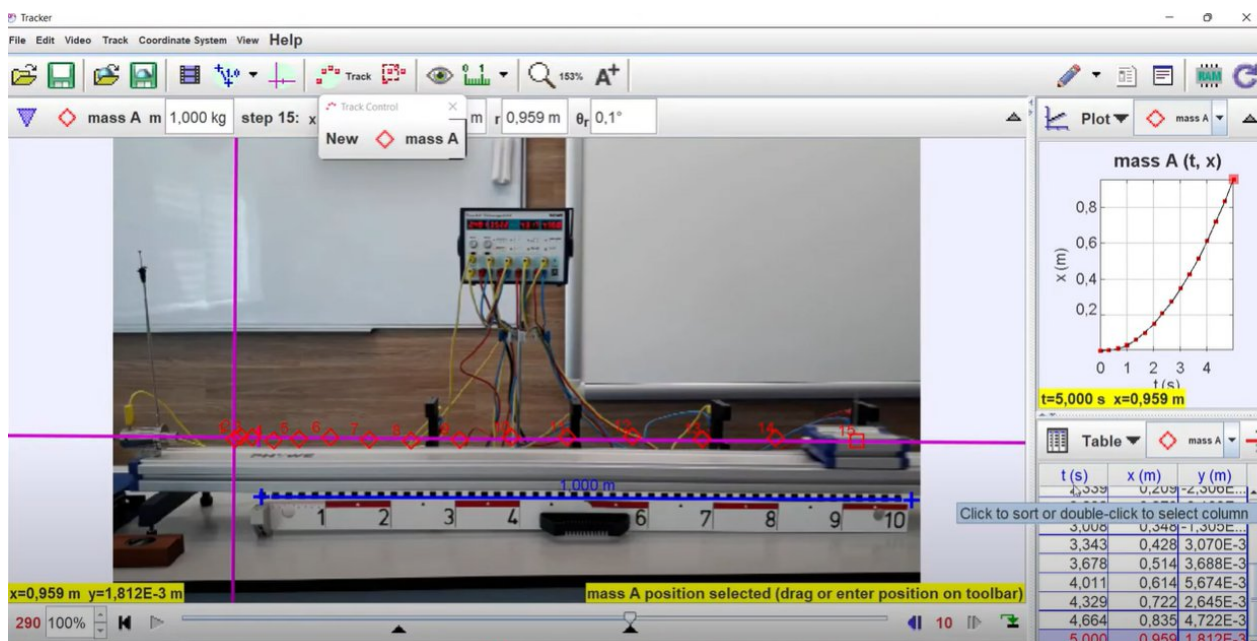


Рис.1.5. Лабораторна робота "Дослідження руху тіла вздовж похилої площини"

Інтерактивна модель дозволяє змінювати масу та кут нахилу, спостерігаючи зміни прискорення та сили [43, с. 112]. Крім того, динамічні графіки залежності $a(t)$ допомагають учням краще зрозуміти вплив параметрів системи на рух. Такі моделі можна інтегрувати у віртуальні лабораторії, де учень може проводити експеримент без фізичних обмежень [9]. Використання

цих методів підвищує рівень засвоєння матеріалу та формує практичні навички [27, с. 53]. Систематичне використання інтерактивних візуалізацій також дозволяє учням самостійно перевіряти гіпотези, роблячи навчання більш активним.

Для вивчення гармонічних коливань інтерактивні моделі дозволяють відтворювати амплітуду та період коливань у системах з пружиною або маятником. [15, с. 1123] (рис.1.6).

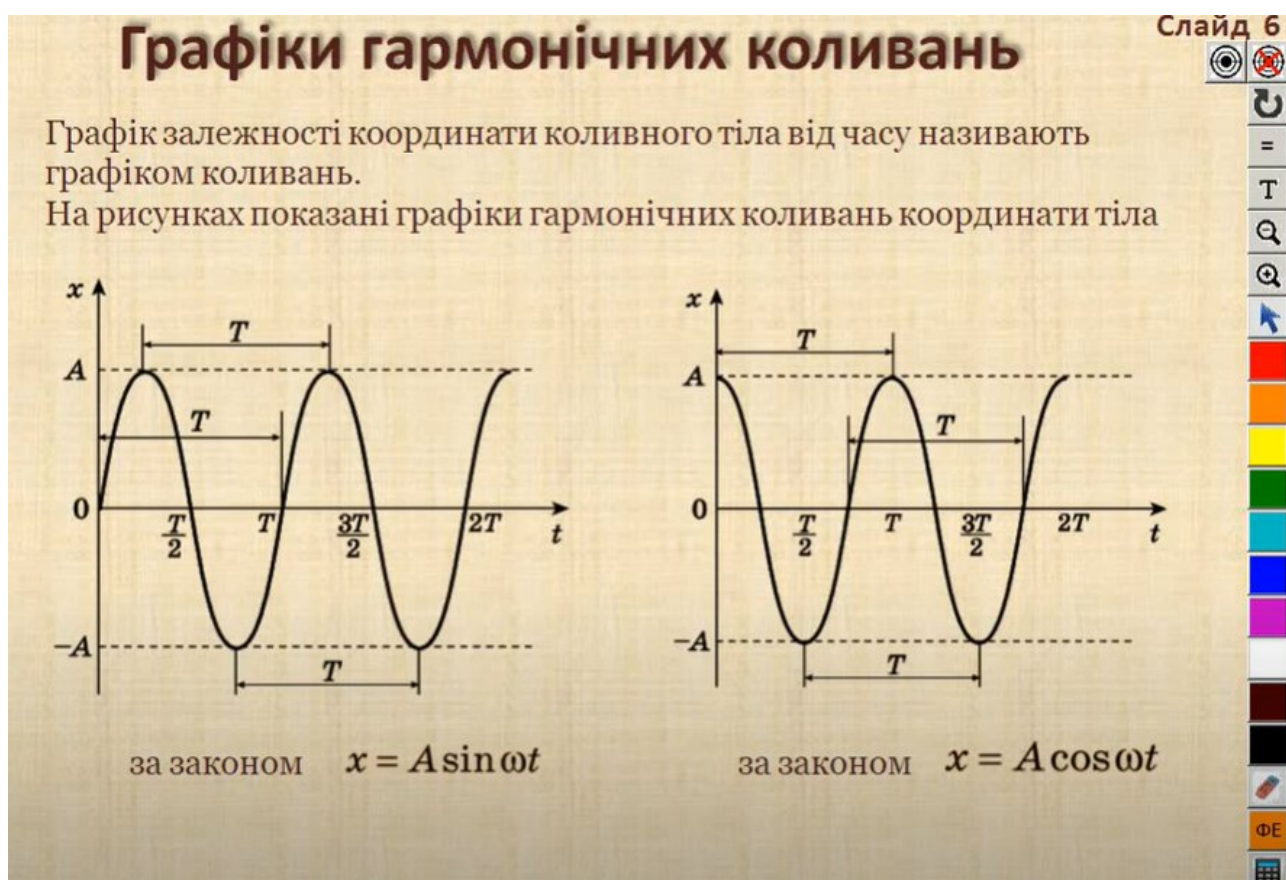


Рис.1.6. Вивчення гармонічних коливань

Інтерактивні графіки зміни $x(t)$ дозволяють вчителю демонструвати залежності швидкості та прискорення від часу. Такі візуалізації підтримують експерименти з різними параметрами системи та оцінку впливу змін [7, с. 210]. Учні можуть коригувати масу або жорсткість пружини, отримуючи нові криві залежності коливань. Використання інтерактивних моделей сприяє більш глибокому розумінню фізичних законів та формує навички проведення аналізу

систем [40, с. 1]. Цей метод дозволяє навчатися експериментально, але без потреби у складному лабораторному обладнанні.

Інтерактивна візуалізація термодинамічних процесів дозволяє демонструвати зміни стану газу під дією температури та тиску. Рівняння стану ідеального газу стає більш зрозумілим завдяки динамічним графікам залежності [43, с. 130](рис.1.7).

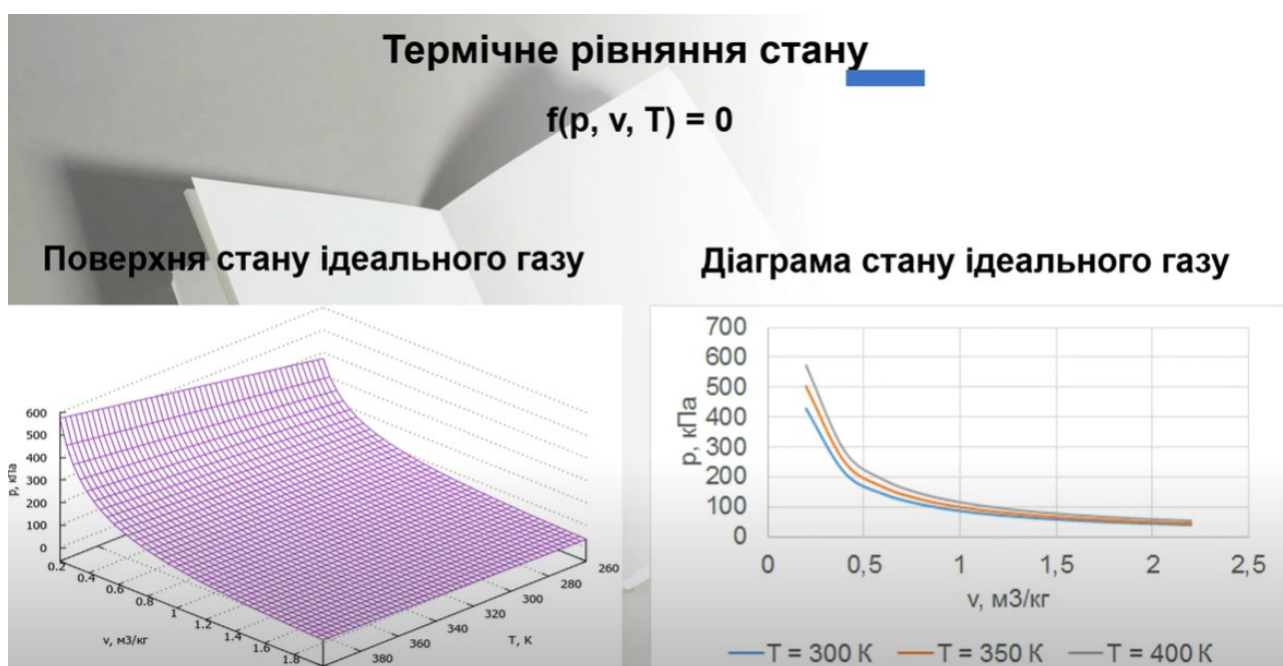


Рис.1.7. Візуалізація термодинамічних процесів

У віртуальних лабораторіях можна моделювати ізотермічні, ізобарні та адіабатичні процеси. Учні отримують можливість безпосередньо спостерігати вплив зовнішніх параметрів на систему [30, с. 49]. Інтерактивні елементи дозволяють змінювати об'єм або температуру газу, одразу отримуючи результати. Такий підхід сприяє формуванню аналітичних навичок та розумінню термодинамічних закономірностей [42, с. 128].

Електромагнітні явища також ефективно демонструються за допомогою інтерактивних моделей, де можна змінювати інтенсивність поля або швидкість руху заряджених частинок (рис.1.8).



Рис.1.8. Віртуальна лабораторія електромагнітні явища

Візуалізація траєкторії руху заряджених частинок допомагає учням побачити відхилення та взаємодію з полем у реальному часі. Такі інтерактивні моделі дозволяють проводити дослід, які у фізичній лабораторії складні або небезпечні [30, с. 40]. Крім того, застосування цифрових симуляцій підвищує точність спостережень та зменшує час виконання завдань. Інтерактивні графіки допомагають аналізувати енергію та силу, що діють на частинку [40, с. 2]. Це значно покращує засвоєння матеріалу та розвиває критичне мислення.

Оптичні процеси, такі як заломлення та дифракція світла, також ефективно пояснюються через інтерактивні моделі (рис.1.9).

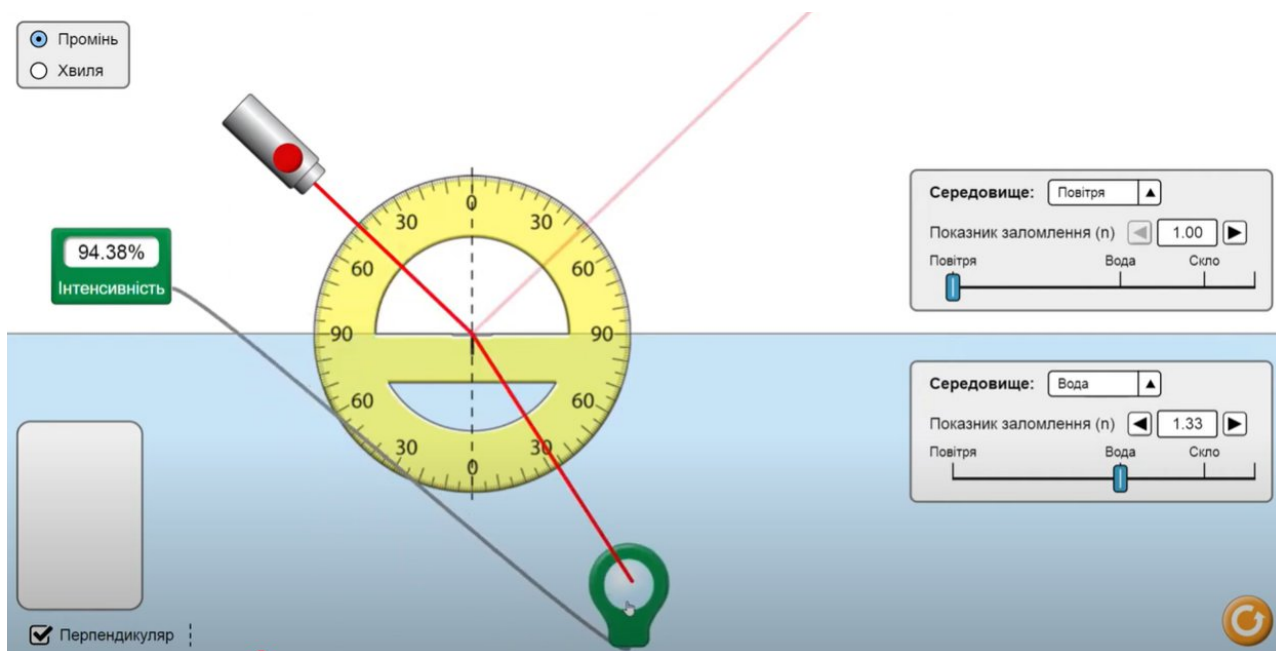


Рис.1.9. Віртуальна лабораторія – заломлення та відбивання світла

Використання динамічних анімацій дозволяє учням змінювати кут падіння променя та спостерігати зміну кута заломлення. Моделі дифракції та інтерференції демонструють характерні смуги та максимум інтенсивності світла. Інтерактивні інструменти дозволяють змінювати довжину хвилі та параметри щілин, що сприяє експериментальному пізнанню явищ [30, с. 47]. Такий підхід значно покращує візуальне сприйняття та засвоєння абстрактних понять [40, с. 3]. Учні отримують можливість одразу перевіряти теоретичні закономірності на практиці.

Інтерактивні візуалізації допомагають досліджувати коливальні процеси у електричних колах, використовуючи закони Ома та Кірхгофа. Динамічна зміна опору, індуктивності та ємності дозволяє учням спостерігати вплив на амплітуду та частоту коливань. Інтерактивні моделі дозволяють будувати графіки $I(t)I(t)$ та $V(t)V(t)$, що полегшує аналіз фізичних процесів [9]. Таке навчання поєднує теоретичні знання та практичні навички. Застосування цифрових симуляцій прискорює розуміння складних електричних явищ та підвищує мотивацію учнів [27, с. 55]. Крім того, це сприяє розвитку аналітичного мислення та самостійного моделювання процесів.

Використання віртуальних лабораторій дозволяє моделювати складні фізичні явища, такі як хвильові процеси у середовищі. Можна змінювати параметри середовища та спостерігати зміну швидкості та амплітуди хвиль [7, с. 215]. Цей метод сприяє кращому розумінню складних процесів та формує навички проведення наукового експерименту. Інтерактивні симуляції дозволяють аналізувати залежності та перевіряти теоретичні результати.

Інтеграція VR/AR технологій у вивчення фізики забезпечує максимально наближене до реального сприйняття процесів. Учні можуть спостерігати тривимірні моделі молекул, магнітних полів або динаміку систем у реальному масштабі [30, с. 49]. Такі технології дозволяють змінювати параметри системи та одразу оцінювати ефект на процес. Взаємодія з віртуальним середовищем підвищує зацікавленість та ефективність навчання. Використання VR/AR дозволяє поєднувати теоретичні знання з практичним досвідом [27, с. 53]. Це сприяє розвитку просторового та логічного мислення. В результаті інтерактивні технології стають важливим інструментом сучасного навчання фізики.

Для систематизації методів застосування інтерактивних візуалізацій у навчанні фізики доцільно представити їх у таблиці з поясненням та прикладами використання(таблиця 1.3).

Таблиця 1.3.

Методи застосування інтерактивних візуалізацій

Метод	Опис	Приклад використання
Моделювання механіки	Динамічна демонстрація руху тіл по похилій площині	Зміна маси тіла та кута нахилу, спостереження прискорення
Гармонічні коливання	Візуалізація амплітуди та періоду	Моделювання пружинного маятника
Термодинаміка	Зміна тиску, температури, об'єму	Ізотермічні та адіабатичні процеси
Електромагнетизм	Траєкторії заряджених	Вплив магнітного та

	частинок	електричного поля
Оптика	Заломлення, дифракція світла	Зміна кута падіння променя
Електричні кола	Аналіз RLC коливань	Графіки $I(t)$ та $V(t)$
Хвильові процеси	Поширення коливань у середовищі	Стоячі та біжучі хвилі
VR/AR моделі	Тривимірні інтерактивні моделі	Моделювання магнітних полів та молекул

Інтерактивні візуалізації у навчанні фізики дозволяють поєднувати теоретичні знання з експериментальними дослідженнями, підвищують мотивацію учнів та сприяють розвитку критичного та аналітичного мислення. Вони забезпечують можливість моделювати складні процеси у безпечному та ефективному середовищі, що особливо важливо для експериментів, які важко реалізувати в традиційних лабораторіях. Застосування VR/AR технологій, динамічних графіків та цифрових лабораторій дозволяє учням глибше зрозуміти закономірності фізичних явищ, вивчати залежності між величинами та проводити віртуальні експерименти. Інтерактивні методи формують практичні навички та підвищують ефективність навчання фізики у вищих навчальних закладах.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I

У першому розділі було теоретично обґрунтовано значення тригонометричних функцій та методів їх інтерактивної візуалізації у вивченні фізичних процесів. Установлено, що тригонометричні залежності є основою для опису періодичних і коливальних явищ, зокрема гармонічного руху, хвильових процесів, руху маятника, зміни висоти Сонця та коливань у електричних колах. Вони забезпечують математичну точність опису положення, швидкості, прискорення та енергії фізичних систем, формують логічне й аналітичне мислення учнів.

Проаналізовані наукові джерела засвідчили, що інтерактивні візуалізації — графіки, анімації, симуляції, віртуальні лабораторії, середовище GeoGebra, мультимедійні презентації, AR-технології — значно підвищують ефективність засвоєння тригонометричних залежностей. Вони забезпечують динамічне відображення фізичних процесів, дозволяють змінювати параметри моделей у реальному часі та встановлювати зв'язок між формулами й реальними явищами.

Таким чином, інтерактивна візуалізація виступає ключовим педагогічним інструментом, що робить навчання тригонометрії у фізиці наочним, доступним та практикоорієнтованим. Її застосування сприяє формуванню стійких предметних компетентностей, підвищенню мотивації та глибшому розумінню закономірностей динамічних фізичних процесів.

РОЗДІЛ II. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ВІЗУАЛІЗАЦІЙ ТРИГОНОМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

2.1. Аналіз програмних засобів для створення інтерактивних візуалізацій

Сучасна освіта вимагає використання інтерактивних засобів, які дозволяють учням не лише пасивно сприймати інформацію, а й активно взаємодіяти з навчальним матеріалом. Особливо актуально це у фізиці, де значна частина понять пов'язана з математичними залежностями, зокрема тригонометричними функціями. Візуалізація таких залежностей дає можливість учням краще розуміти гармонічні коливання, хвильові процеси, поширення світла та інші явища. Інтерактивні симуляції та програмні платформи забезпечують наочність і практичність, сприяють розвитку аналітичного мислення та формуванню дослідницьких умінь. Нижче подано детальний аналіз програмних засобів, які можуть бути використані для візуалізації тригонометричних залежностей на уроках фізики.

PhET Interactive Simulations

PhET – це один із найпопулярніших інструментів для вивчення природничих наук, створений в Університеті Колорадо. Він містить широкий набір симуляцій, серед яких особливе місце займають ті, що демонструють гармонічні коливання та хвилі. На уроках фізики учні можуть досліджувати синусоїдальні коливання маятника або пружинного осцилятора, аналізуючи залежність зміщення від часу через функції $\sin$ та $\cos$. Програма дозволяє в реальному часі змінювати параметри: амплітуду, частоту, фазу коливань, що формує чітке уявлення про роль тригонометрії в описі руху [51]. Зручний інтерфейс робить симуляції доступними навіть для молодших школярів, тоді як старшокласники можуть виконувати більш глибокий аналіз. Прикладом є симуляція "Коливання пружини", де на графіку відображається синусоїдальна залежність зміщення від часу. Це робить PhET надзвичайно ефективним інструментом у навчанні тригонометричних залежностей. (Додаток А)

Physion

Physion дає змогу створювати інтерактивні моделі фізичних процесів, використовуючи прості геометричні фігури та з'єднання. Хоча він не має готових шаблонів для тригонометрії, користувач може самостійно моделювати рух тіл за гармонічними законами. Наприклад, створивши систему з маятником, можна спостерігати періодичний рух, що математично описується функціями $\sin$ та $\cos$. Програма дозволяє учням експериментувати з масою, довжиною нитки, силою тяжіння, і таким чином бачити вплив цих параметрів на амплітуду та період коливань [52]. Для уроків фізики це корисно тим, що учні самі стають творцями симуляцій, а не лише спостерігачами. Важливо, що кожна побудована модель відтворює реальні фізичні закони, що підсилює зв'язок між математичними рівняннями та практикою. Прикладом є побудова моделі математичного маятника, де кут відхилення описується тригонометричними функціями. (Додаток Б)

VisuPhy

VisuPhy – це веб-платформа з відкритим кодом, орієнтована на оптичні та хвильові процеси. Вона зручна для візуалізації явищ, де тригонометрія використовується для опису інтерференції та дифракції світла. Учні можуть бачити, як хвиля, що описується функціями $\sin$ та $\cos$, змінює фазу під час проходження через оптичні елементи. Важливою особливістю є використання матричного підходу ABCD, який допомагає зрозуміти залежності між кутами падіння та відбиття світла [53]. Така форма роботи дозволяє інтегрувати математику та фізику в єдиний навчальний процес. На практиці це може виглядати як побудова моделі поширення лазерного променя, де учень аналізує зміну фази та амплітуди за допомогою тригонометричних формул. Прикладом є симуляція “Beam Propagation”, яка ілюструє гармонічний характер світлової хвилі. (Додаток В)

Interactive Physics

Interactive Physics – це потужне середовище для створення навчальних симуляцій з елементами дослідження. Воно дозволяє детально аналізувати

механічні коливання та рухи, що описуються тригонометричними функціями. Учень може побудувати маятник, спостерігати графіки зміни швидкості та координати у часі, які мають синусоїдальний характер. Перевагою є можливість одночасного вивчення декількох фізичних величин – сили, прискорення, енергії [54]. Це дає змогу показати зв'язок між математичною моделлю коливань та реальними процесами. На уроках фізики особливо цінним є візуальне порівняння теоретичних графіків і моделі в симуляції. Приклад застосування – створення коливальної системи пружина–вантаж, де учні бачать графік синусоїдальних змін координати у часі. (Додаток Г)

Pivot Interactives

Pivot Interactives відрізняється від інших тим, що пропонує інтерактивні відеоексперименти, які можна аналізувати за допомогою цифрових інструментів. Учитель може підібрати дослідження коливальних процесів, де траєкторія руху відповідає синусоїдальним законам. Учні мають можливість робити вимірювання безпосередньо у відео, визначати амплітуду та період коливань, а також порівнювати дані з математичною моделлю [55]. Таким чином, тригонометричні залежності стають не абстрактною формулою, а результатом реального експерименту. Це особливо важливо для формування дослідницьких компетентностей старшокласників. Прикладом є відеоексперимент “Pendulum Motion”, де можна побудувати графік залежності кута від часу. (Додаток Д)

Effectual Learning

Effectual Learning пропонує 3D-модулі, які допомагають візуалізувати абстрактні поняття. Тригонометричні функції тут проявляються при моделюванні коливань, хвиль і руху тіл по колу. Завдяки тривимірності учні можуть бачити, як змінюються координати тіла відповідно до синуса і косинуса кута. Це дозволяє наочно пояснити залежність проекцій вектора швидкості чи прискорення від часу [56]. Важливою особливістю є те, що візуалізація виконується у форматі віртуальної лабораторії, що підвищує інтерес школярів. Використання таких модулів особливо ефективно при поясненні руху по колу

та коливань електромагнітних хвиль. Прикладом може бути симуляція “3D Harmonic Oscillator”, де тіло здійснює гармонічний рух із синусоїдальними залежностями. (Додаток Е)

GeoGebra

GeoGebra є універсальним інструментом для візуалізації математичних залежностей, зокрема тригонометричних функцій. Для фізики це відкриває широкі можливості: учитель може побудувати графіки коливань, хвильових процесів чи залежність сили від кута. Програма дозволяє динамічно змінювати параметри рівняння, що робить її надзвичайно наочною [59]. Учні можуть бачити, як зміна частоти впливає на форму синусоїди, чи як фазовий зсув відображається на графіку. Важливо, що GeoGebra підтримує анімацію, завдяки чому можна ілюструвати рух тіла в реальному часі. Прикладом є побудова анімації хвилі, де її рівняння подається у вигляді. Цей інструмент особливо ефективний при вивченні теми “Гармонічні коливання”.

STEM OnLine

STEM OnLine пропонує набір онлайн-симуляцій для різних розділів фізики. У темах механіки та хвиль учні можуть досліджувати процеси, що описуються тригонометричними функціями. Наприклад, рух маятника або поширення хвиль подається у вигляді графіків синуса та косинуса. Програма дозволяє змінювати параметри й одразу бачити, як вони впливають на форму графіка [57]. Це робить навчання інтерактивним і допомагає учням пов’язати формули з реальними явищами. Важливим є й те, що ресурс доступний онлайн без потреби встановлення додаткового програмного забезпечення. Прикладом є симуляція “Harmonic Motion”, де учні аналізують залежність координати тіла від часу. (Додаток Є)

Promethean

Promethean – це цифрові інтерактивні додатки, які зручно використовувати на інтерактивних дошках чи панелях. Вони дозволяють учителю наочно демонструвати графіки тригонометричних функцій у фізичних процесах. Наприклад, на уроці можна показати залежність сили від кута у

випадку похилої площини або коливання тіла на пружині [58]. Учні мають змогу самостійно змінювати параметри моделі, що робить навчання активним. Важливою особливістю є можливість інтеграції в мультимедійні уроки, що підвищує інтерес і увагу школярів. Promethean підтримує як готові ресурси, так і створення власних інтерактивних матеріалів учителем. Прикладом є використання модуля “Oscillations”, який демонструє гармонічний рух у вигляді синусоїдального графіка. (Додаток Ж)

Аналіз наведених програмних засобів показав, що всі вони можуть бути ефективно використані для інтерактивної візуалізації тригонометричних залежностей у курсі фізики. PhET, Interactive Physics, GeoGebra та STEM OnLine найбільш зручні для демонстрації гармонічних коливань. Physion та Effectual Learning акцентують увагу на створенні власних моделей і 3D-візуалізаціях, що розвиває дослідницькі вміння учнів. VisuPhy та Pivot Interactives поєднують математику й фізику через реалістичні експерименти та оптичні процеси. Promethean забезпечує інтеграцію в сучасне мультимедійне середовище навчання. Таким чином, використання цих інструментів дозволяє зробити уроки фізики більш наочними, динамічними та зрозумілими, особливо при вивченні тем, пов'язаних із тригонометрією.

2.2. Розробка інтерактивної моделі тригонометричної функції для демонстрації фізичного явища

У процесі вивчення фізики учні часто стикаються з труднощами у розумінні абстрактних понять, зокрема коливальних процесів. Теоретичні визначення та графіки у підручнику не завжди дають можливість візуалізувати зв'язок між рівнянням коливань і реальним рухом об'єкта. Тому постає необхідність використання інтерактивних моделей, які дозволяють одночасно бачити фізичне явище та відповідну тригонометричну залежність. Такий підхід підвищує ефективність навчання, робить матеріал наочним і доступним.

Для реалізації моделі гармонічних коливань було використано мову HTML у поєднанні з CSS для візуального оформлення та JavaScript для створення анімації. Основна ідея полягає у відображенні руху точки, що здійснює коливання, та одночасному побудуванні графіка її зміщення в часі. Таким чином учень може спостерігати два аспекти одного й того ж процесу: фізичний рух та математичне представлення у вигляді графіка.

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="uk">
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>Модель гармонічних коливань</title>
<link rel="stylesheet" href="style.css">
</head>
<body>
<h2>Інтерактивна візуалізація гармонічних коливань ( $y = A \cdot \sin(\omega t)$ )</h2>
<canvas id="oscCanvas" width="400" height="400"></canvas>
<canvas id="graphCanvas" width="600" height="200"></canvas>
<script>
  const oscCanvas = document.getElementById("oscCanvas");
  const ctx1 = oscCanvas.getContext("2d");
  const graphCanvas = document.getElementById("graphCanvas");
  const ctx2 = graphCanvas.getContext("2d");
  let time = 0;
  let graphPoints = [];
  function drawOscillation() {
    ctx1.clearRect(0, 0, oscCanvas.width, oscCanvas.height);
    const centerX = oscCanvas.width / 2;
    const centerY = oscCanvas.height / 2;
    const amplitude = 120;
    const omega = 0.05; // кутова частота
```

```

// положення точки
const y = centerY + amplitude * Math.sin(omega * time);
// ось рівноваги
ctx1.beginPath();
ctx1.moveTo(centerX - 100, centerY);
ctx1.lineTo(centerX + 100, centerY);
ctx1.strokeStyle = "#333";
ctx1.stroke();
// точка
ctx1.beginPath();
ctx1.arc(centerX, y, 8, 0, 2 * Math.PI);
ctx1.fillStyle = "red";
ctx1.fill();
// пружина/нитка
ctx1.beginPath();
ctx1.moveTo(centerX, centerY);
ctx1.lineTo(centerX, y);
ctx1.strokeStyle = "blue";
ctx1.stroke();
}
function drawGraph() {
  ctx2.clearRect(0, 0, graphCanvas.width, graphCanvas.height);
  // вісь X
  ctx2.beginPath();
  ctx2.moveTo(0, graphCanvas.height / 2);
  ctx2.lineTo(graphCanvas.width, graphCanvas.height / 2);
  ctx2.strokeStyle = "#333";
  ctx2.stroke();
  // нова точка
  const amplitude = 1;

```

```

const omega = 0.05;
const sinValue = amplitude * Math.sin(omega * time);
graphPoints.push(sinValue);
if (graphPoints.length > graphCanvas.width) {
    graphPoints.shift();
}
// графік sin
ctx2.beginPath();
for (let i = 0; i < graphPoints.length; i++) {
    const x = i;
    const y = graphCanvas.height / 2 - graphPoints[i] * 80;
    if (i === 0) ctx2.moveTo(x, y);
    else ctx2.lineTo(x, y);
}
ctx2.strokeStyle = "red";
ctx2.stroke();
}
function animate() {
    drawOscillation();
    drawGraph();
    time += 1;
    requestAnimationFrame(animate);
}
animate();
</script>
</body>
</html>

```

У верхньому вікні створено модель точки, яка рухається вгору та вниз відносно положення рівноваги. Цей рух відповідає гармонічним коливанням, властивим маятнику чи пружинному осцилятору. Точка з'єднана з умовною

«опорою» синьою лінією, яка символізує нитку або пружину. Це дає змогу візуально співвіднести анімацію з конкретним фізичним прикладом, знайомим учням. (Рис.2.1. – 2.5.)

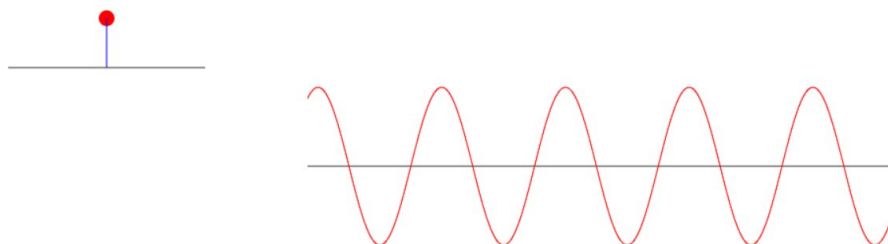
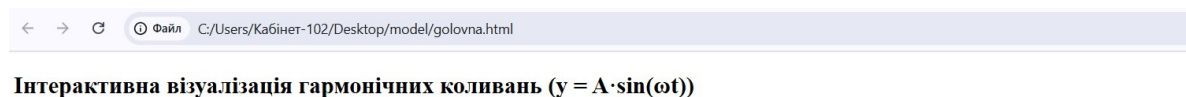


Рис.2.1. Рух точки вгору

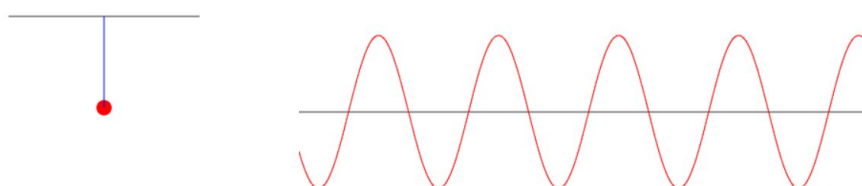
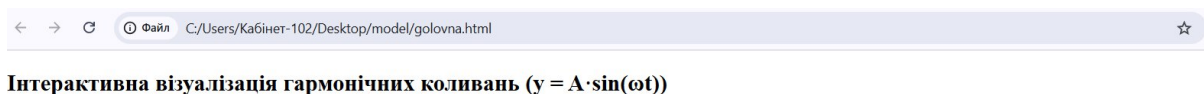


Рис.2.2. Рух точки вниз

Модель: коливання маятника та побудова синусоїди

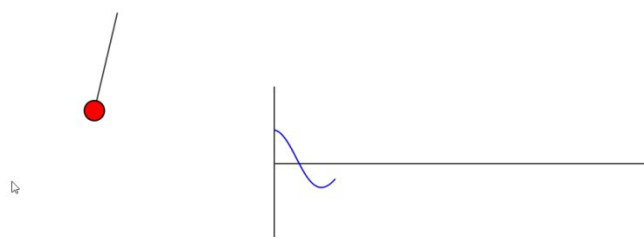


Рис.2.3. Рух маятника ліворуч

Модель: коливання маятника та побудова синусоїди

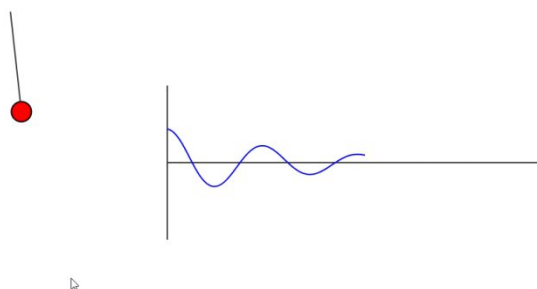


Рис. 2.4. Рух маятника праворуч з частковою зупинкою

Модель: коливання маятника та побудова синусоїди

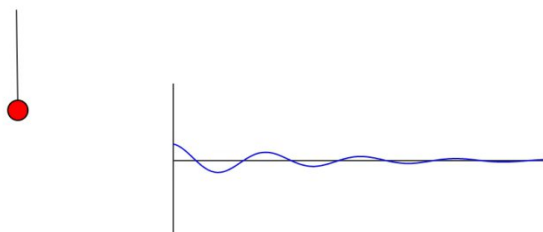


Рис.2.5. Зупинка маятника

У другому вікні відображається динамічний графік коливань. Кожне нове положення точки перетворюється у координати, які послідовно формують криву. Учень спостерігає класичний синусоїдальний графік, що відображає залежність зміщення від часу. Завдяки цьому зникає розрив між математичною абстракцією та реальною поведінкою фізичної системи.

Для зручності стилізація сторінки винесена у зовнішній файл CSS. Це дозволило відокремити структуру від оформлення, зробивши код більш читабельним і зручним для подальшої адаптації. У стилях визначено кольорове виділення об'єктів, шрифти та загальне компоновання елементів.

Програмний код створювався у середовищі Brackets, що є зручним редактором для роботи з веб-технологіями. Brackets надає можливість одночасного редагування HTML, CSS і JavaScript, підтримує підсвічування синтаксису та функцію миттєвого перегляду у браузері. Це дозволило оперативно перевіряти правильність роботи анімації та швидко вносити зміни. Крім того, у Brackets легко керувати структурою проєкту: кожен файл зберігається окремо, але при цьому вони взаємодіють між собою.

Вставлений у код блок JavaScript відповідає за розрахунок положення точки у кожен момент часу та за побудову графіка. Використання двох canvas-областей дало змогу поєднати фізичну модель із математичним зображенням без додаткового програмного забезпечення. Таким чином інтерактивна модель функціонує у будь-якому сучасному браузері й не потребує складної установки.

На платформі Effectual Learning представлена тривимірна інтерактивна модель простої маятникової системи – точкової маси, підвішеної на нитці або стрижні. У симуляторі користувач може змінювати довжину нитки та спостерігати, як це впливає на швидкість та амплітуду коливань. Коливання відображаються у реальному часі, що дозволяє учневі наочно спостерігати залежність руху від фізичних параметрів. Симулятор виконаний у 3D за допомогою технології Three.js, що дає можливість бачити просторове розташування маятника та його траєкторію руху. Інтерактивні елементи дозволяють почати або зупинити рух, змінювати параметри та безпосередньо

бачити наслідки цих змін. Візуалізація реалістично відтворює фізичні явища, зокрема природне коливання маятника, що робить навчання захопливим. Це ідеальний приклад використання інтерактивних симуляцій для STEM-освіти, коли учні отримують досвід через безпосереднє експериментування [60].

Власноруч створена модель гармонічного коливання у JavaScript показує рух точки вгору-вниз або по колу, який відповідає тригонометричним залежностям. Основна мета – показати амплітуду, період та фазу коливань у двовимірному графіку. Ця модель дозволяє учням експериментувати зі швидкістю, амплітудою та частотою коливання, спостерігаючи зміни графіка в реальному часі.

Симулятор маятника Effectual Learning доповнює цю модель, додаючи тривимірний вимір та реалістичну фізичну траєкторію. Учень може порівняти двовимірну анімацію точки зі спостереженням реального руху маятника у 3D, побачити, як зміна довжини нитки впливає на швидкість коливань та амплітуду. Тобто власна JS-модель відповідає проекції руху, а симулятор наочно показує повний фізичний процес. Обидва підходи разом допомагають сформуванню уявлення про коливальний рух як математично, так і фізично.

Поєднання власної моделі та 3D-симулятора робить уроки більш інтерактивними. Учні спочатку спостерігають просту анімацію, що показує основні характеристики коливань, а потім бачать, як ці коливання виглядають у реальному світі за допомогою симулятора. Можливість змінювати параметри в обох моделях дозволяє порівняти наслідки на графіку та на фізичному об'єкті. Інтерактивна візуалізація допомагає не лише зрозуміти тригонометричні залежності, а й розвиває просторове мислення та логічне осмислення фізичних процесів.

Варто зазначити, що для вчителів, які не володіють HTML чи JavaScript, створення подібних моделей можна реалізувати за допомогою PowerPoint. У презентації можна використовувати анімації для показу коливань точки або маятника, а також вставляти графіки з динамічними змінами параметрів. Це дозволяє зберегти інтерактивність та наочність без необхідності

програмування, роблячи матеріал доступним для більш широкого кола педагогів.

Поєднання власної JS-анімації та 3D-симулятора Effectual Learning зміцнює навчальний ефект. Дво- та тривимірні моделі взаємно доповнюють одна одну: графічне відображення точок показує математичну сторону коливань, а тривимірний маятник – реальний фізичний процес. Такий підхід робить уроки більш наочними, мотивує до експериментів та сприяє глибокому розумінню тригонометричних залежностей у фізиці. Використання PowerPoint як альтернативи забезпечує доступність інструменту для вчителів без програмних навичок, зберігаючи при цьому інтерактивність і наочність демонстрацій.

Розроблена інтерактивна модель гармонічних коливань є ефективним дидактичним інструментом для уроків фізики. Вона демонструє прямий зв'язок між рухом об'єкта та тригонометричним графіком, що дає змогу учням глибше зрозуміти природу коливальних процесів. Використання веб-технологій забезпечує доступність моделі: вона може бути запущена на будь-якому комп'ютері чи навіть мобільному пристрої без додаткового програмного забезпечення. Середовище Brackets полегшило створення коду завдяки зручному редагуванню та функції швидкого перегляду. Отже, інтерактивна візуалізація не лише урізноманітнює урок, а й формує у здобувачів освіти цілісне уявлення про зв'язок фізики та математики.

2.3. Дослідження ефективності інтерактивної візуалізації у навчальному процесі

Будь-який освітній продукт, створений для використання в навчальному процесі, потребує попереднього тестування та експертної оцінки. Це дозволяє не лише перевірити його функціональність, але й оцінити доцільність застосування у практиці викладання. У даному випадку апробація проводилася для інтерактивної моделі гармонічних коливань, розробленої засобами HTML

та CSS, яка демонструє рух точки вліво-вправо та вгору-вниз із подальшим відображенням синусоїди у системі координат. Основна мета тестування – з’ясувати, наскільки даний інструмент може полегшити викладання теми «Гармонічні коливання» та зробити її більш доступною для учнів.

У дослідженні взяли участь 8 учителів фізики зі шкіл міста. Усі вони попередньо ознайомилися з інтерактивною візуалізацією, спробували працювати з нею на власних комп’ютерах та відповіли на анкету, розроблену у Google Forms. (Додаток 3). Окрім апробації запропонованої моделі, педагоги також протестували кілька відомих готових симуляторів з відкритих освітніх платформ, аби мати можливість порівняти функціонал. За результатами обговорення виявилось, що частина вчителів надала перевагу власно створеному продукту, оскільки він простіший у використанні, не перевантажений зайвими функціями та краще адаптований саме для демонстрації тригонометричних залежностей у курсі фізики. Крім того, окремі респонденти зазначили, що розробка має перевагу в можливості модифікації під конкретні освітні потреби, чого зазвичай не дозволяють готові симулятори. (Таблиця 2.1. та Рис.2.6.)

Таблиця 2.1.

Результати анкетування

Респондент	Зручність інтерфейсу (1–5)	Допомагає пояснити тригонометрію (1–5)	Доречність у школі (1–5)	Готовність застосовувати (так/ні/частково)	Пропозиції покращень
С.І.	5	5	5	Так	Нічого
М.Д.	4	5	5	Так	Додати мобільну версію
І.О.	3	4	4	Частково	Покращит

					и дизайн
В.Г.	5	5	5	Так	Нічого
Г.О.	4	3	3	Ні	Віддає перевагу готовим платформа м
Л.І.	2	3	3	Ні	Додати більше функцій
І.В.	4	4	4	Частково	Покрацит и дизайн
В.В.	5	5	5	Так	Нічого

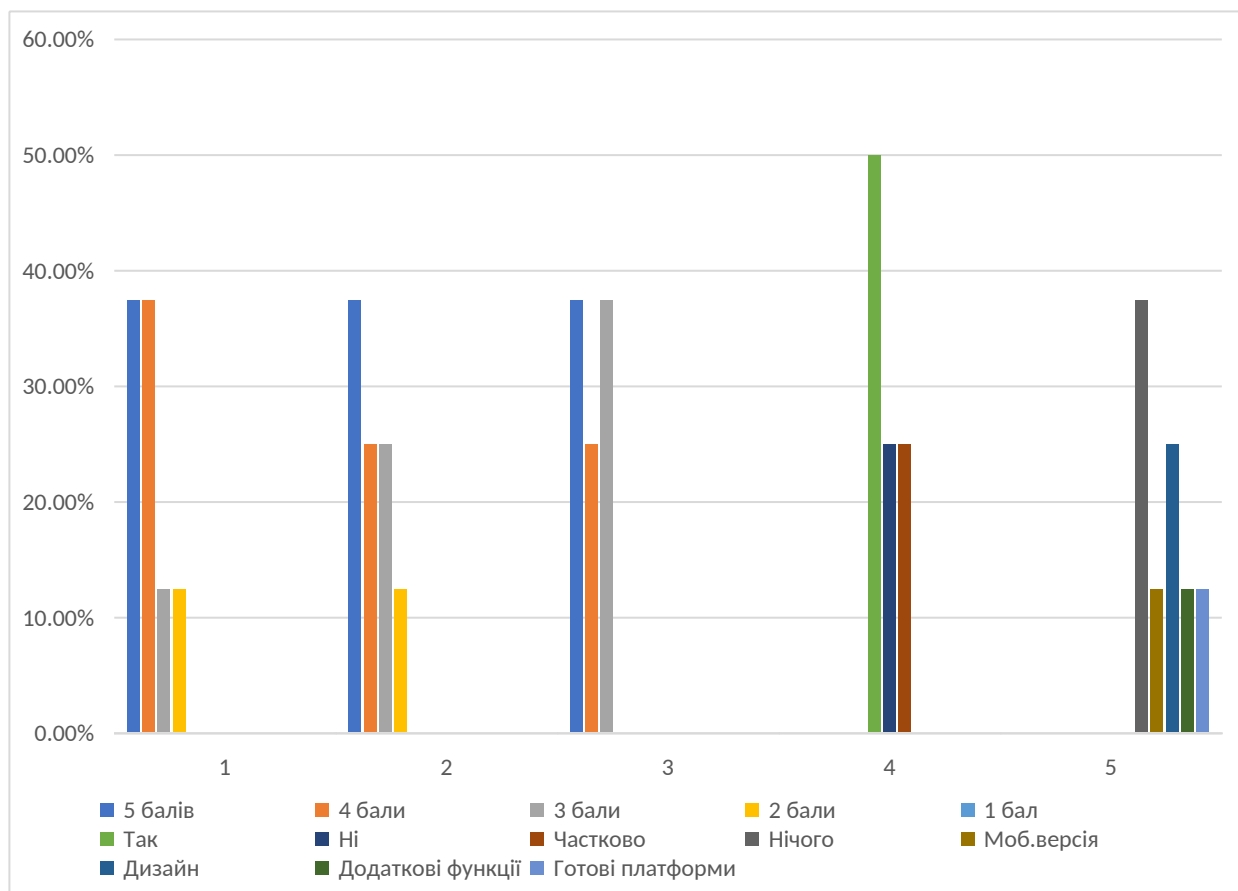


Рис.2.6. Графічне відображення результатів анкетування

Згідно з отриманими відповідями, більшість учителів позитивно оцінили інтерактивну візуалізацію. Так, 5 із 8 респондентів відзначили, що інструмент зручний у використанні та значно полегшує пояснення тригонометричних залежностей. Чотири вчителі заявили про готовність застосовувати його на уроках безпосередньо, ще двоє – частково, тоді як двоє висловили певний скептицизм, аргументуючи це тим, що на ринку вже існують готові платформи з більшими можливостями.

Особливо цінним для експертів виявилось те, що візуалізація дозволяє учням «побачити» зв'язок між гармонічними коливаннями та побудовою синусоїди, що важко досягти лише традиційними методами. Водночас, окремі зауваження стосувалися потреби у більш сучасному дизайні та додаткових функціях (наприклад, зміна частоти чи амплітуди коливань).

Таким чином, результати можна вважати загалом позитивними: 6 із 8 учителів готові або частково готові використовувати цей продукт у навчанні. Негативні та нейтральні відгуки підкреслюють необхідність подальшого вдосконалення розробки, щоб зробити її конкурентною з комерційними освітніми платформами.

Проведене тестування показало, що розроблена інтерактивна модель гармонічних коливань має значний потенціал для використання у навчальному процесі з фізики. Вона сприяє візуалізації абстрактних понять і полегшує засвоєння теми учнями. Разом із тим, на основі отриманих зауважень можна стверджувати, що продукт потребує доопрацювання у напрямку покращення дизайну, розширення функціоналу та адаптації під мобільні пристрої. Загалом, інструмент отримав позитивні оцінки і може стати ефективним засобом доповнення традиційних методів навчання фізики.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

У другому розділі було здійснено практичний аналіз та порівняння сучасних програмних засобів, які використовуються для інтерактивної візуалізації тригонометричних залежностей у фізиці, а також розроблено власну модель гармонічних коливань.

Проведений огляд довів, що такі ресурси, як PhET, GeoGebra, Interactive Physics, STEM OnLine, Physion, VisuPhy, Pivot Interactives, Effectual Learning та Promethean, забезпечують різні за складністю та функціональністю можливості для вивчення коливальних і хвильових процесів. Їх об'єднує те, що всі вони дозволяють поєднати фізичний процес із математичним його описом, роблячи тригонометричні залежності наочними та зрозумілими. Окремі інструменти дають змогу працювати з готовими симуляціями, інші — створювати власні моделі, що сприяє розвитку дослідницьких умінь учнів.

Практична частина була зосереджена на створенні інтерактивної моделі гармонічних коливань за допомогою HTML, CSS та JavaScript. Модель демонструє одночасно рух точки та формування синусоїдального графіка зміщення, що дозволяє учням безпосередньо спостерігати відповідність між фізичним явищем і тригонометричною функцією. Такий підхід робить математичні залежності зрозумілими та доступними, сприяє глибшому засвоєнню понять амплітуди, періоду, частоти й фазового зсуву.

Таким чином, результати практичної реалізації підтверджують, що використання інтерактивних візуалізацій у навчанні фізики є ефективним способом формування стійкого розуміння тригонометричних залежностей, підвищення інтересу учнів та розвитку їхньої дослідницької активності.

ВИСНОВКИ

У ході дослідження було досягнуто поставленої мети – теоретично обґрунтовано та практично реалізовано інтерактивні візуалізації тригонометричних залежностей з метою підвищення ефективності навчання фізичних процесів та явищ у шкільному курсі фізики. Проведена робота дозволила поєднати математичні закономірності з їх фізичними інтерпретаціями та надати вчителям інструмент, що підвищує наочність і доступність пояснення складних понять.

Першим завданням було проаналізувати роль та особливості застосування тригонометричних функцій у фізиці. У процесі опрацювання навчально-наукових матеріалів було встановлено, що тригонометричні функції широко використовуються у вивченні хвильових процесів, коливань, гармонійного руху та електромагнітних явищ. Окремо підкреслено значення тригонометрії у графічному поданні результатів експериментів, що дозволяє не лише спростити пояснення закономірностей, а й формувати у школярів стійкі навички роботи з математичними моделями у фізиці.

Друге завдання стосувалося дослідження сучасних методів інтерактивної візуалізації. Було визначено, що цифрові симуляції та інтерактивні моделі відіграють важливу роль у STEM-освіті, оскільки забезпечують активну участь учнів, сприяють розвитку дослідницьких компетентностей і дозволяють унаочнити абстрактні поняття. Особливу увагу приділено тому, що саме динамічні візуалізації здатні відтворювати зміну фізичних процесів у часі, що критично важливо при вивченні тригонометричних залежностей коливань і хвиль.

У межах третього завдання було проведено аналіз програмних засобів для створення інтерактивних візуалізацій. Детально розглянуто дев'ять сучасних платформ і середовищ, зокрема PhET Interactive Simulations, Physion, VisuPhy, Interactive Physics, Pivot Interactives, Effectual Learning, GeoGebra, STEM OnLine

та Promethean. Для кожного з них подано характеристику, приклади застосування у шкільній практиці та можливості використання для пояснення тригонометричних залежностей на уроках фізики. У результаті порівняння встановлено, що хоча готові ресурси мають багатий функціонал, однак часто не враховують специфіки певних тем чи особливостей навчального процесу.

Четверте завдання передбачало розробку власної інтерактивної моделі. Для цього створено HTML-сторінку з окремим CSS-оформленням, де реалізовано анімацію гармонійних коливань та побудову графіка синусоїди у системі координат. Візуалізація моделює рух точки вліво-вправо у відповідності до функції синуса, що дозволяє одночасно спостерігати як сам процес коливання, так і математичне його відображення у вигляді кривої. Це робить модель наочною і зрозумілою для учнів, адже поєднує фізичний та математичний аспекти явища.

П'яте завдання було пов'язане з оцінкою ефективності створеної моделі. Для цього організовано тестування серед восьми вчителів фізики, які попередньо працювали з інтерактивною візуалізацією, а також мали змогу порівняти її з готовими симуляторами з освітніх платформ. Анкетування здійснено через Google Forms і включало п'ять ключових запитань щодо інтерфейсу, ефективності пояснення, доречності у навчальній програмі, готовності застосовувати та можливих покращень.

Аналіз результатів анкетування засвідчив, що половина опитаних готові застосовувати модель на уроках, ще чверть – частково, тоді як 25% віддали перевагу готовим симуляторам. Оцінка інтерфейсу та функціональності показала, що 75% респондентів вважають розробку зручною або дуже зручною, хоча окремі вчителі відзначили потребу у вдосконаленні дизайну та додаванні мобільної версії. Таким чином, загальне ставлення до продукту можна охарактеризувати як позитивне з наявністю конструктивних зауваг.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що розроблена інтерактивна візуалізація не лише досягає своєї дидактичної мети, але й конкурує з відомими готовими продуктами. Вона має перевагу в простоті

використання, цільовій спрямованості на тригонометричні залежності та можливості подальшої адаптації під потреби вчителя. Водночас, порівняння з професійними симуляторами показало, що користувачі високо цінують широкий функціонал готових платформ, що варто враховувати у майбутньому розвитку проекту.

Таким чином, усі завдання дослідження виконано: проведено аналіз ролі тригонометричних функцій у фізиці, вивчено сучасні методи візуалізації, здійснено огляд програмних засобів, створено інтерактивну модель та проведено її тестування. Робота підтвердила гіпотезу про те, що поєднання математичних і фізичних аспектів у форматі інтерактивної симуляції підвищує ефективність навчального процесу. Подальший розвиток теми може бути пов'язаний із розширенням функціоналу, створенням мобільної версії та інтеграцією в єдині навчальні середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андрусенко О. І. Тригонометрія та геометрія : підручник. Київ : Київ. ун-т, 2017. 256 с.
2. Астаф'єва М. М., Іваненко О. П., Петрів Г. К. The Use of Digital Visualization Tools in Teaching Higher Mathematics : тези доп. *Матеріали Міжнар. конф. «Інформатика й освіта»*. 2020. С. 45–49.
3. Бевз Г. П., Бевз В. Г. Геометрія: підручник для 10-11 класів. Київ: Генеза, 2021, с.135-140.
4. Бендюк А. А. Тригонометрія : підручник для 11 класу. Київ : Генеза, 2017. 192 с.
5. Бідловський І. Зв'язок вивчення функції синус на основі спостереження заходу сонця. *Матеріали VII Міжнародної студентської науково-технічної конференції. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання*. 2024, с.126-128.
6. Ботузова Ю. В. Можливості використання імерсивних технологій у навчанні математики : стаття. *Педагогічні науки*. 2024. № 4. С. 123–135.
7. Бригінець Л., Подласов В., Матвійчук С. Фізика : вчимося розв'язувати задачі : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 312 с.
8. Види коливань. Характеристики коливань.
<https://naurok.com.ua/prezentaciya-uroku-1-vidi-kolivan-harakteristiki-kolivan-417437.html>
9. Віртуальні лабораторні (експериментальні) роботи з фізики.
<https://sites.google.com/view/fizikanova/virtualni-laboratorni-roboty>
10. Вітковська О., Добрик Д., Простакова Ю.. *Використання ІКТ для підвищення мотивації учнів при вивченні теми "Тригонометричні функції"*. Diss. Харківський національний педагогічний університет імені ГС Сковороди, 2022. с.112-114
11. Голуб А. М., Репецька Д. О. Математичне моделювання гармонічних коливань у пружинній системі. *The 4 th International scientific and practical*

- conference “Global trends in science and education”(May 5-7, 2025) SPC “Sci-conf. com. ua”, Kyiv, Ukraine. 2025. 1123 p..
12. Горошко О. Л. Моделі візуалізації у викладанні математики. *Наукові записки. Серія Психолого-педагогічні науки*. Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя. 2025, с. 70-80.
 13. Друшляк, М. Семеніхіна, О. Прошкін, В. Харченко, С., та Лукашова, Т.. Методологія формування навичок моделювання на основі конструктивного підходу (на прикладі GeoGebra), *Хмарні технології в освіті 2020: Матеріали 8-го семінару з хмарних технологій в освіті* (СТЕ 2020), 2020, с.458-472.
 14. Єрмакова-Черченко Н. О. Використання електронного засобу GeoGebra при розв’язуванні задач з фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2022. № 3(89). С. 105–115. URL: <https://repository.sspu.edu.ua/items/0c14ae28-4549-4448-af82-fbdcfdf20669>
 15. Жученко А. І., Ладієва Л. Р., Піргач М. С., Жураковський Я. Ю. Математичне моделювання процесів і систем : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 351 с. URL: <https://ela.kpi.ua/api/core/bitstreams/16799921-0872-4776-b522-2cd34d2ac13a>
 16. Застосування мультимедійних засобів навчання на уроках фізики. URL: <https://genezum.org/library/zastosuvannya-multymediyh-zasobiv-navchannya-na-urokah-fizyky>
 17. Інтерактивні технології у навчальному процесі: найкращі програми для школи. URL: <https://edumart.com.ua/interaktivni-paneli-u-navchalnomu-procesi-najkrashi-programi-dlya-shkil>
 18. Литвиненко О. А. Використання ІКТ у викладанні математики. Львів : Видавництво ЛНУ, 2020.

- 19.Лужко О. В. Навчально-методичний посібник "Тригонометричні функції". URL: <https://vseosvita.ua/library/navcalno-metodicnij-posibnik-trigonometricni-funkcii-487581.html>
- 20.Мазур К. Методичні особливості використання мультимедійних засобів у вивченні тригонометричних функцій у профільній школі. *VI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Інноваційні педагогічні технології в цифровій школі 2024»*. 2024, С. 300–302.
- 21.Мазур К., Жерновникова О. Шляхи використання мультимедійних засобів у вивченні тригонометричних функцій. *Теоретичні питання культури, освіти та виховання*. 2024. Вип. 81. С. 82–87. URL: <https://dspace.hnpu.edu.ua/items/ed9f6ef1-553f-48b5-a709-e0d66ca134cd> (дата звернення: 14.07.2025).
- 22.Михальченко І. О., Толкачова О. М. Методика навчання тригонометрії в старшій школі : навч. посіб. Київ : Основа, 2017. 176 с.
- 23.Навчальні програми з фізики 10–11 клас. URL: <https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/fizika-10-11-avtorskij-kolektiv-pid-kerivnicztvom-lokteva-vm.pdf>
- 24.Області застосування тригонометрії. URL: https://trugonometriya.blogspot.com/p/blog-page_25.html
- 25.Презентація “Світ тригонометрії”. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-svit-trigonometri98657.html>
- 26.Програма для 10–11-х класів ЗНЗ. Математика (рівень стандарту). URL: <https://osvita.ua/school/program/program-10-11/58878/>
- 27.Савчук-Баловсяк Г. Д. Використання мультимедійних технологій на уроках фізики : метод. розробка. URL: <https://naurok.com.ua/savchuk-balovsyak-g-d-vikoristannya-multimediynih-tehnologiy-na-urokah-fiziki-metodichna-rozrobka-340045.html>
- 28.Ріхтберг С. Вивчення фізики за допомогою інтерактивних відео – можливості, сприйняття та виклики. *Серія конференцій журналу фізики*. 2019. Т. 1287(1):012057. DOI: 10.1088/1742-6596/1287/1/012057.

29. Стеценко С. Є. Синус в реальному житті. *Освіта і наука*. 2021. № 1. URL: <https://e-journals.udu.edu.ua/index.php/on/article/download/1176/1183>
30. Стома В. М. Комп'ютерна підтримка навчання фізики: ретроспективний аналіз. *Теоретичні та методичні проблеми навчання природничих дисциплін : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф.* Суми : СумДПУ, 2017. С. 127–131.
31. Титаренко В. В. Фізика : навч. посіб. у 2 ч. Ч. 2. Харків : НМУ, 2025. 288 с.
32. Тригонометричні функції в житті людини. URL: <https://ppt-online.org/12052>
33. Тригонометрія в науках. URL: <https://ner2013.blogspot.com/2013/10/blog-post.html>
34. Тригонометрія в нашому житті. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-trigonometriya%20v%20nashomu%20zhitti%20113863.html>
35. Тютюн Л. А., Косовець О. П. Візуалізація навчального матеріалу за допомогою GeoGebra у ВНЗ : тези доп. *Збірник наук. праць КІІІ*. 2025. С. 89–93.
36. Фізика. Класична механіка. Тригонометрія. URL: <https://physics.ed-era.com/trigonometry>
37. Штанько А. М. Сучасні інноваційні технології у навчанні математики та фізики. URL: <https://genezum.org/library/suchasni-innovaciyni-tehnologii-u-navchanni-matematyky-ta-fizyky>
38. Юрченко А. О., Семеніхіна О. В. Про візуалізацію навчального матеріалу засобами Flash-технологій (на прикладі вивчення тригонометричних функцій). URL: <https://fmo-journal.fizmatsspu.sumy.ua/publ/3-1-0-156>
39. Симуляції з фізики. <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?subjects=physics&type=html>
40. Інтерактивні фізичні симуляції Physion. <https://physion.net/>
41. ВізуФі. <https://visuphy.org/>
42. Інтерактивна фізика. <https://www.design-simulation.com/IP/index.php>

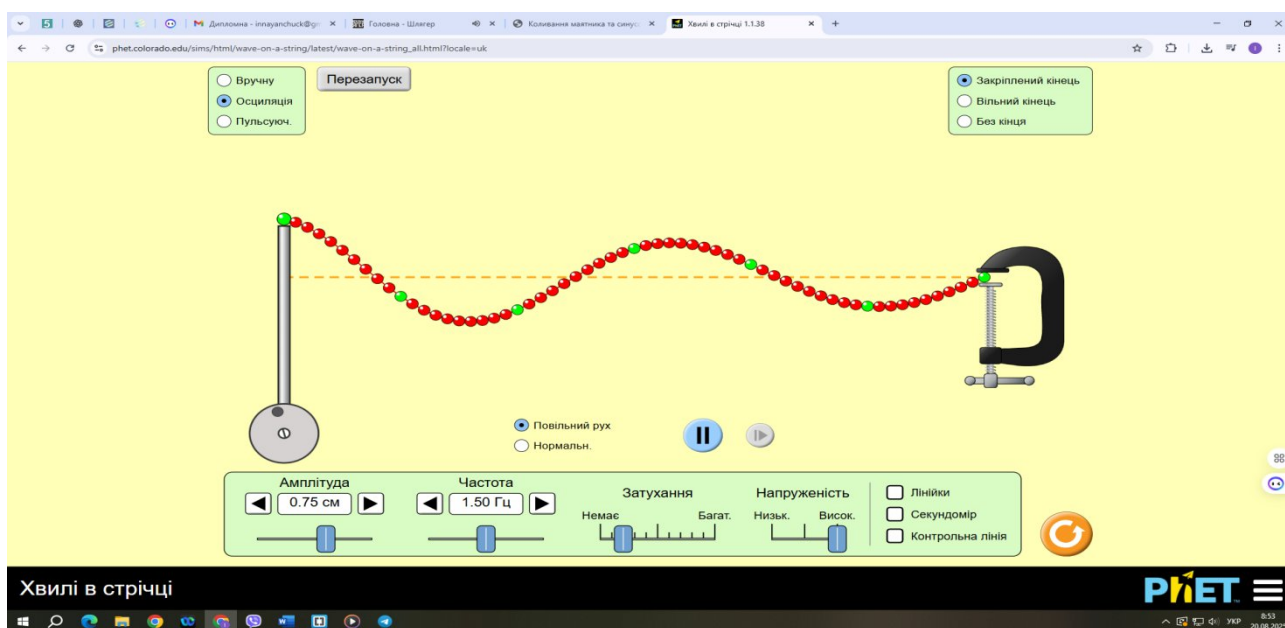
43. Pivot Interactives. <https://www.techlearning.com/higher-ed>
44. Інтерактивні 3D -симуляції з фізики. <https://effectuall.github.io/sims.html>
45. Онлайн-симуляції фізики для освіти. STEAM.
<https://stemonline.tech/en/physics/>
46. Інтерактивні додатки вивчення фізики.
<https://prometheanworld.com.ua/tsyfrovi-interaktyvni-dodatky-dlya-uroku-fizyky/>
47. GeoGebra. <https://www.geogebra.org/graphing>
48. Маятниковий рух.
https://effectuall.github.io/Simulations/Mechanics_Simple_Pendulum.html

ДОДАТКИ

Додаток А

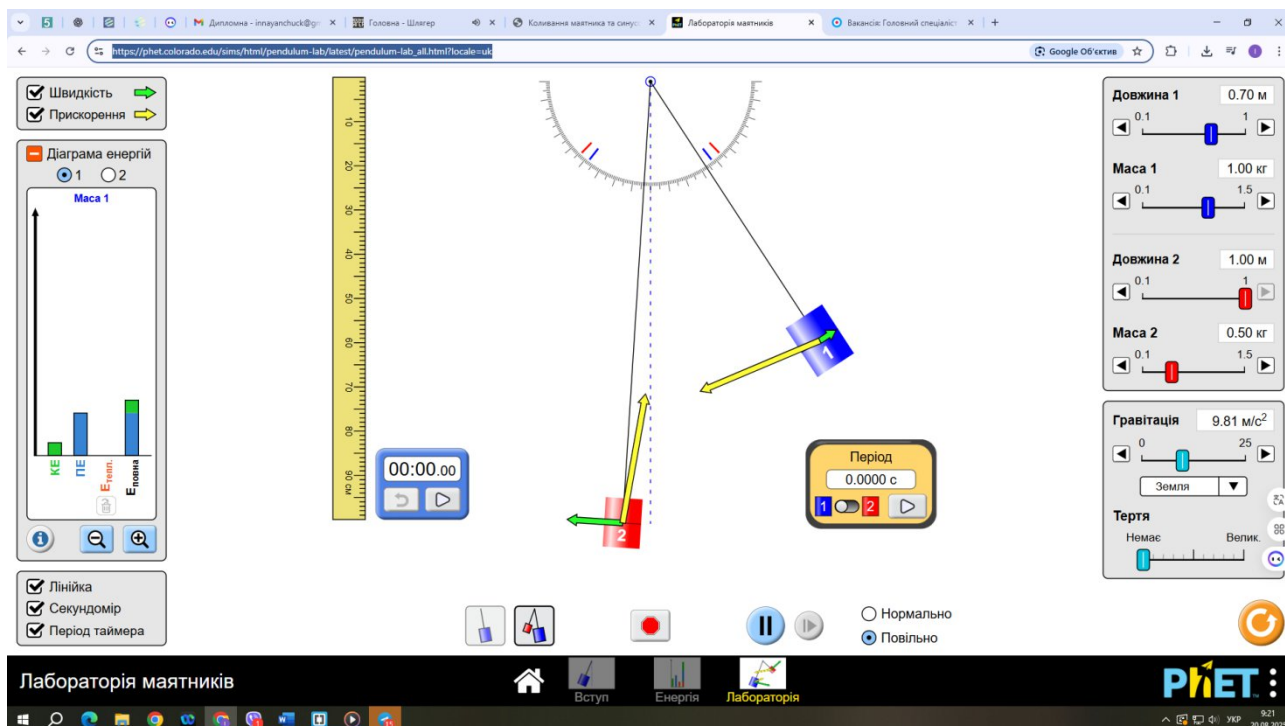
Хвилі. Частота. Амплітуда

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=uk



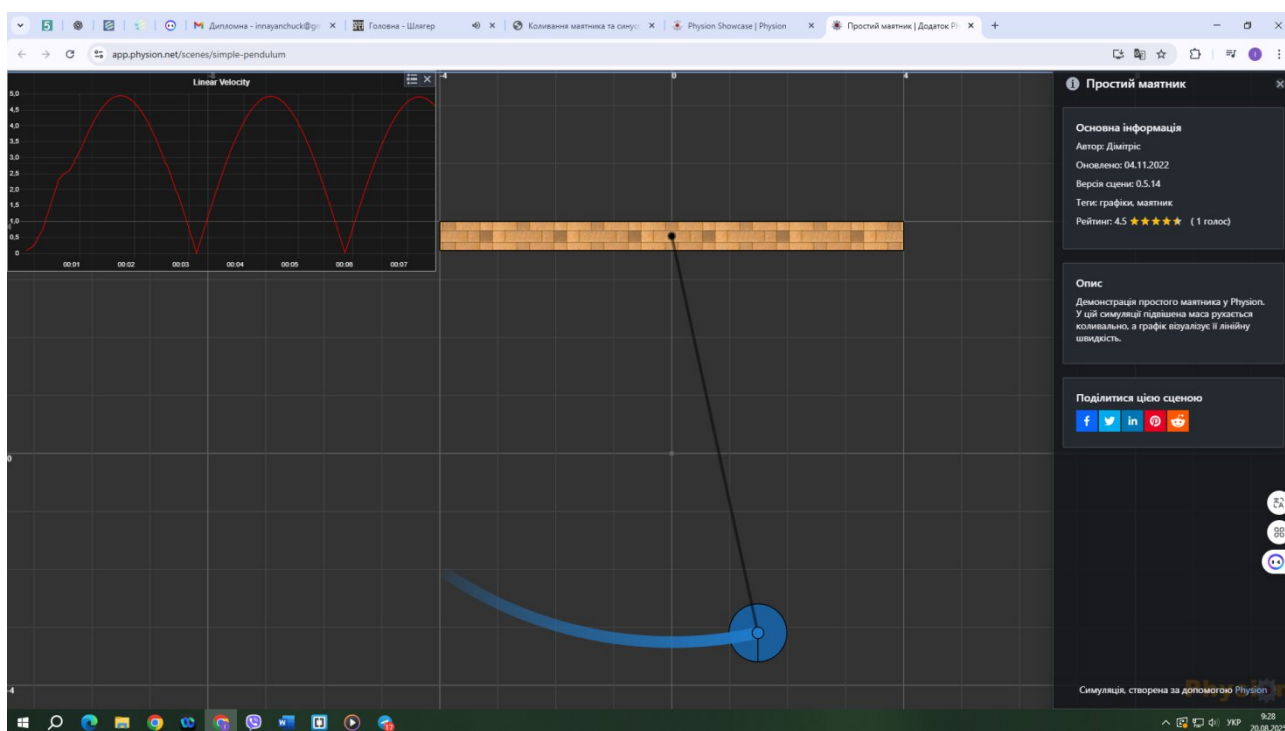
Лабораторія маятників

https://phet.colorado.edu/sims/html/pendulum-lab/latest/pendulum-lab_all.html?locale=uk

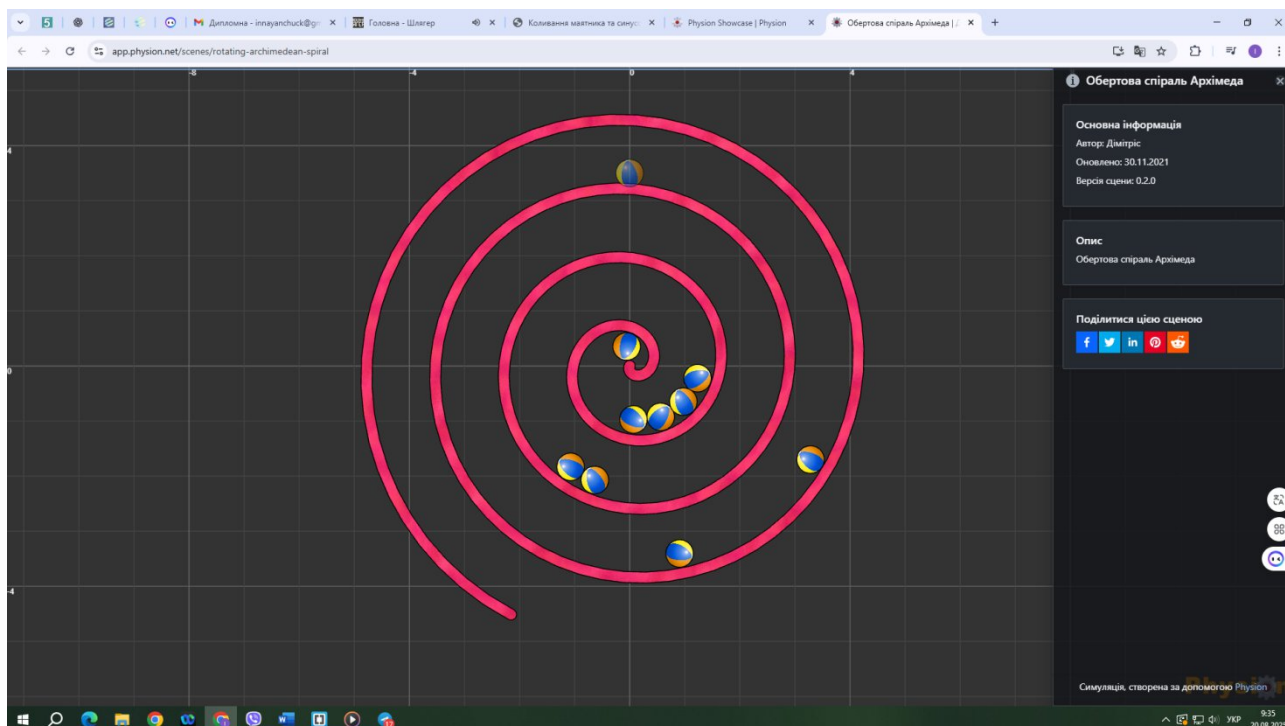


Додаток Б

Простий маятник з графіком
<https://app.physion.net/scenes/simple-pendulum>

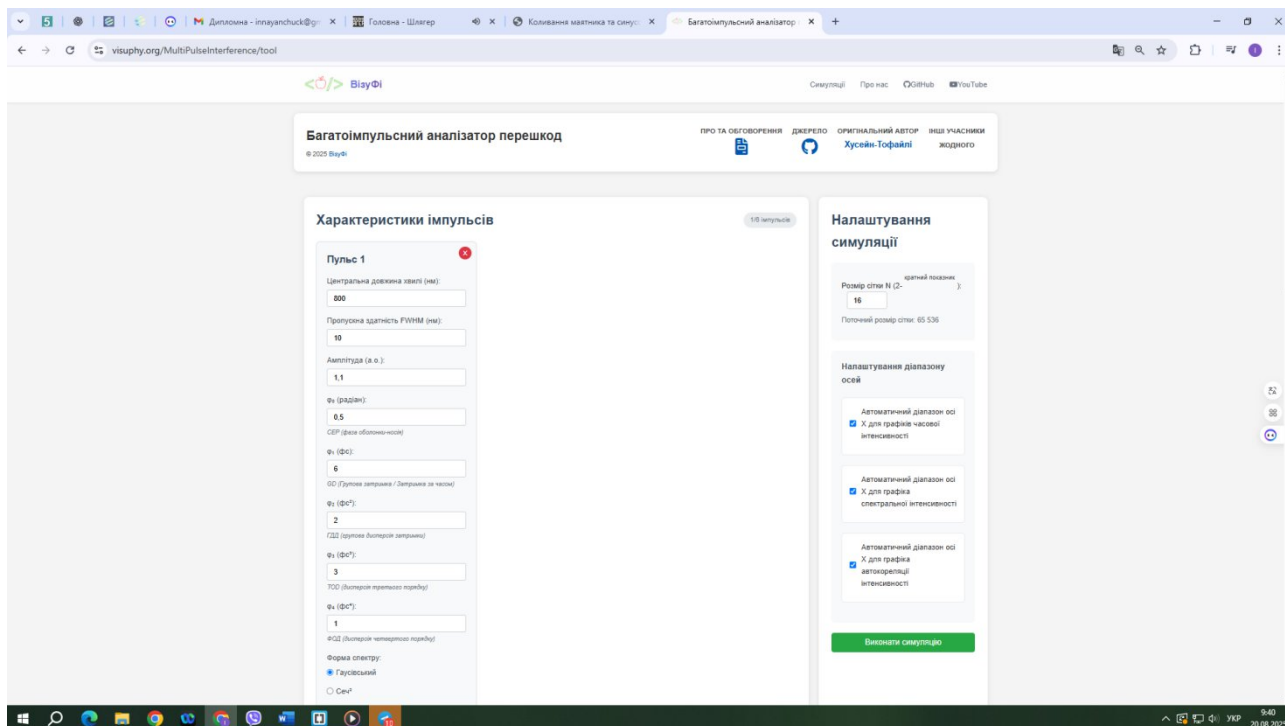


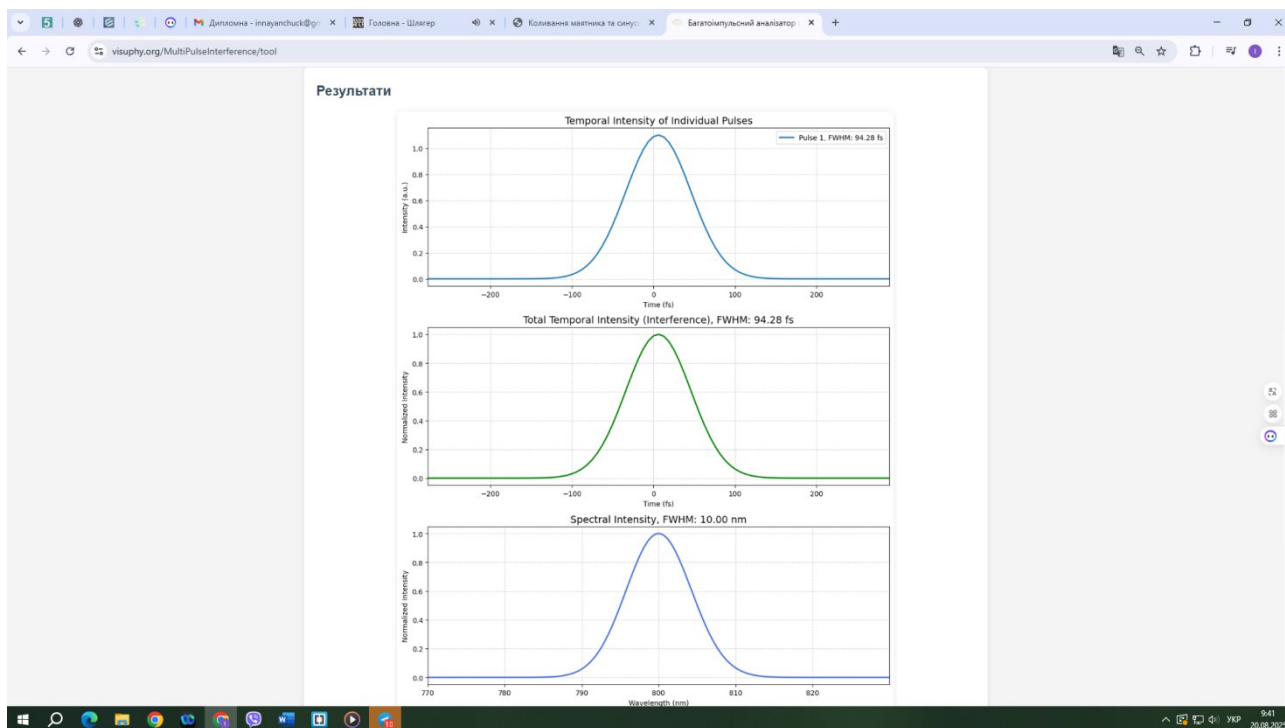
Обертова спіраль Архімеда
<https://app.physion.net/scenes/rotating-archimedean-spiral>



Додаток В

Багатоімпульсний аналізатор перешкод
<https://visuphy.org/MultiPulseInterference/tool>

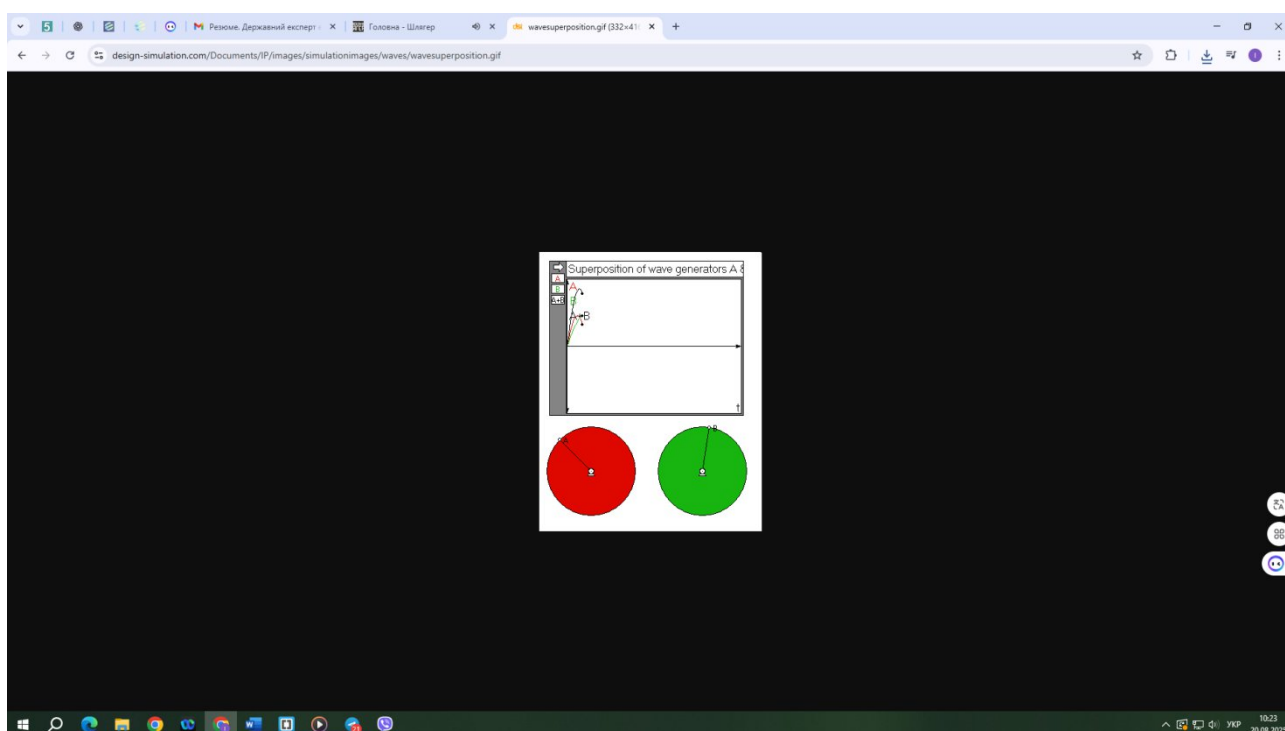


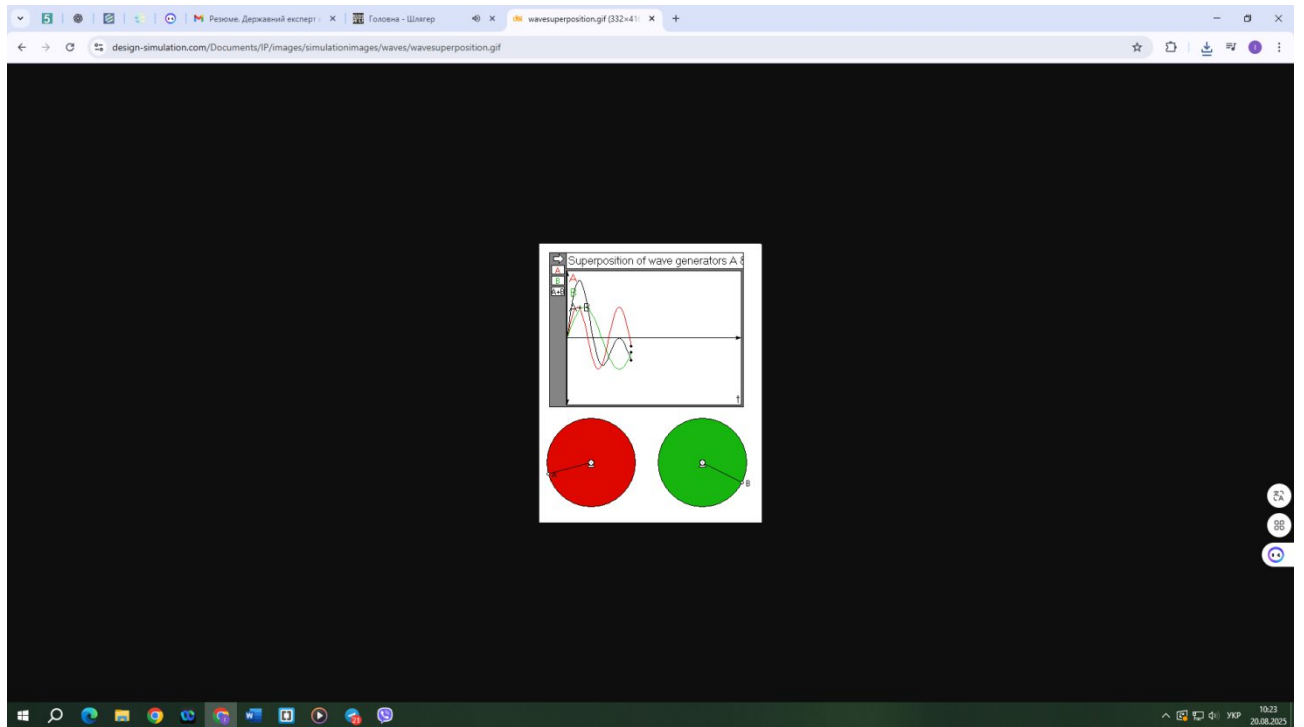


Додаток Г

Моделювання – хвилі

<https://www.design-simulation.com/IP/simulationlibrary/waves.php>





Quizlet

Тести з перевіркою

The image displays two screenshots of the Quizlet website interface, showing a quiz in progress. The top screenshot shows a question about harmonic oscillations, and the bottom screenshot shows the same quiz at a later stage, with the correct answer highlighted.

Top Screenshot:

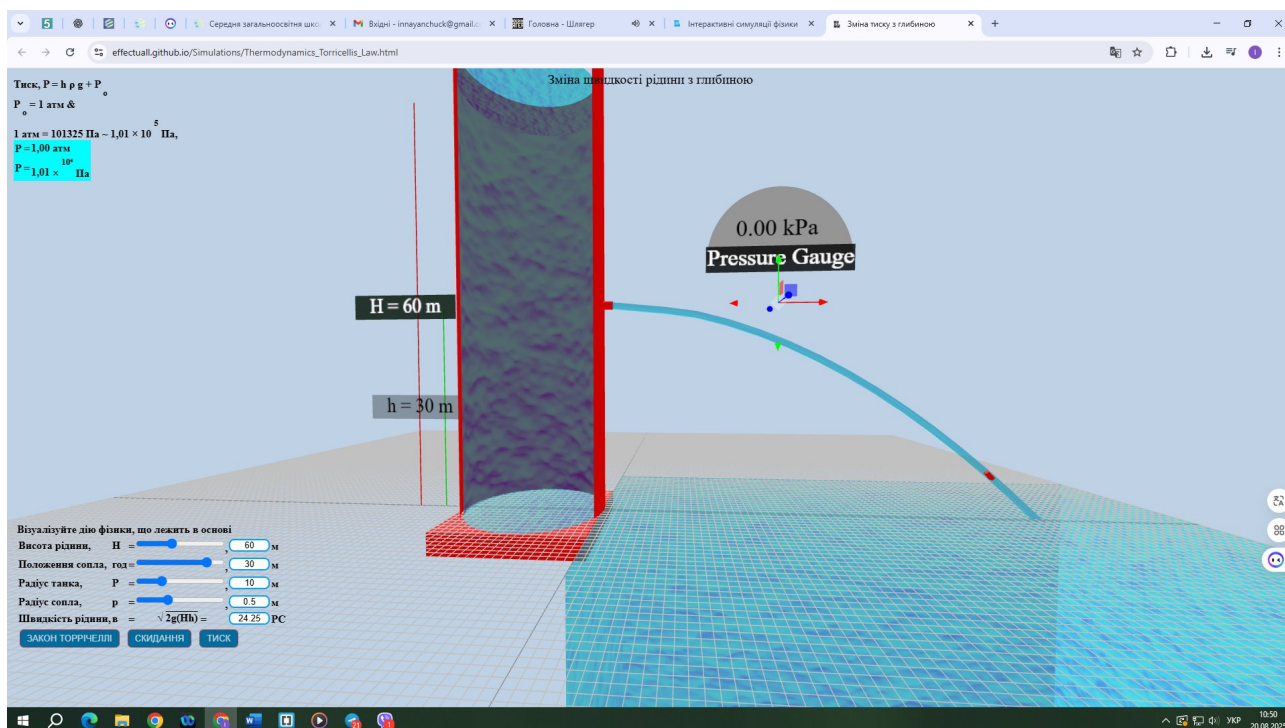
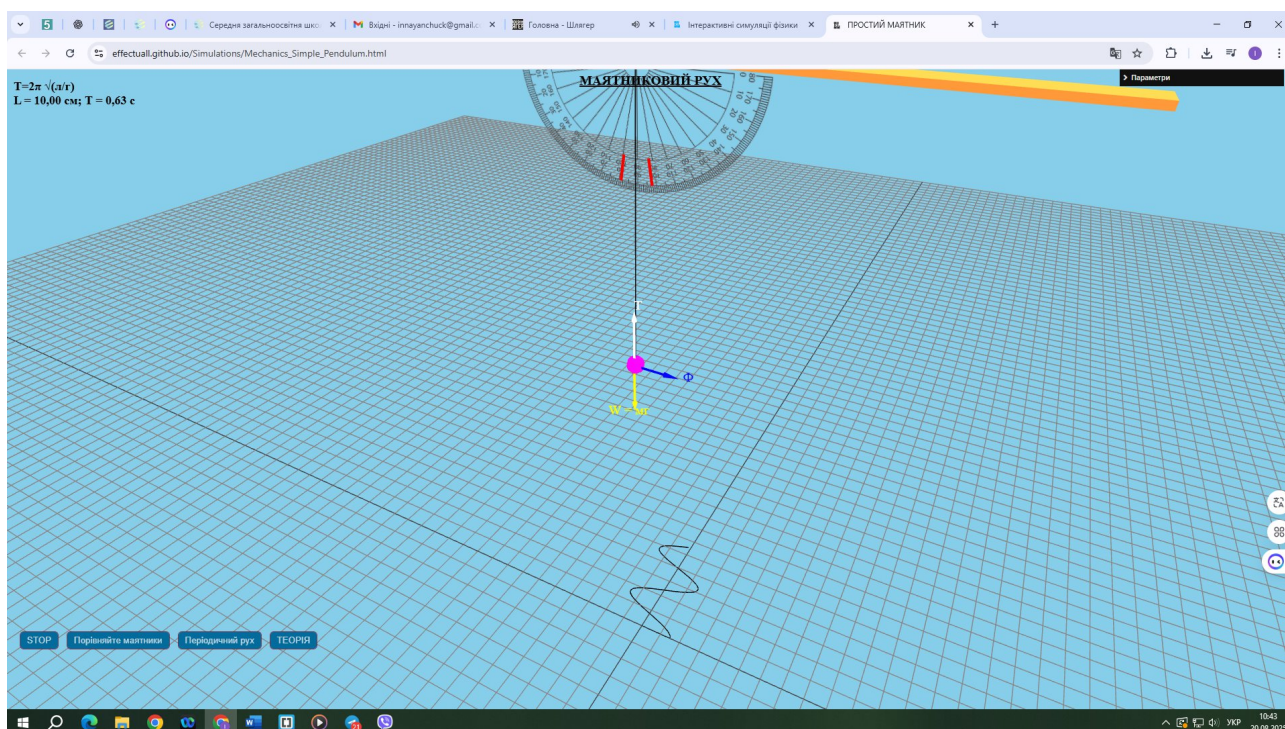
- Browser tabs: Середня загальноосвітня шк..., Відемі - innayanchuck@gmail..., Головна - Шлягер, What is Quizlet and How Can I..., фінанс | Quizlet
- Address bar: quizlet.com/ua/1037043703/фізика-flash-cards/
- Search bar: Швидше знаходьте все, що потрібно
- Navigation: Quizlet Live, Blast, Підбір, Блоки
- Section: Перевірка в класі
- Buttons: Карти, Зауваження, Тест
- Question: 1. Яка властивість характерна тільки для гармонічних коливань:
 А) вони мають змінну частоту
 Б) вони є згасаючими
 В) їх графіком є синусоїда
 Г) вони є неперіодичними
- Progress: Відстежуйте прогрес, 1 / 267
- User: А quizlette88221771, Створено 3 місяці тому
- Right sidebar: БЕЗКОШТОВНА ПРОБНА ВЕРСІЯ, Learn More, БАГАТОГРАННИЙ КОЛІР З ІНТЕНСИВНИМ БІЛИСКОМ, ДЕТАЛЬНІШЕ

Bottom Screenshot:

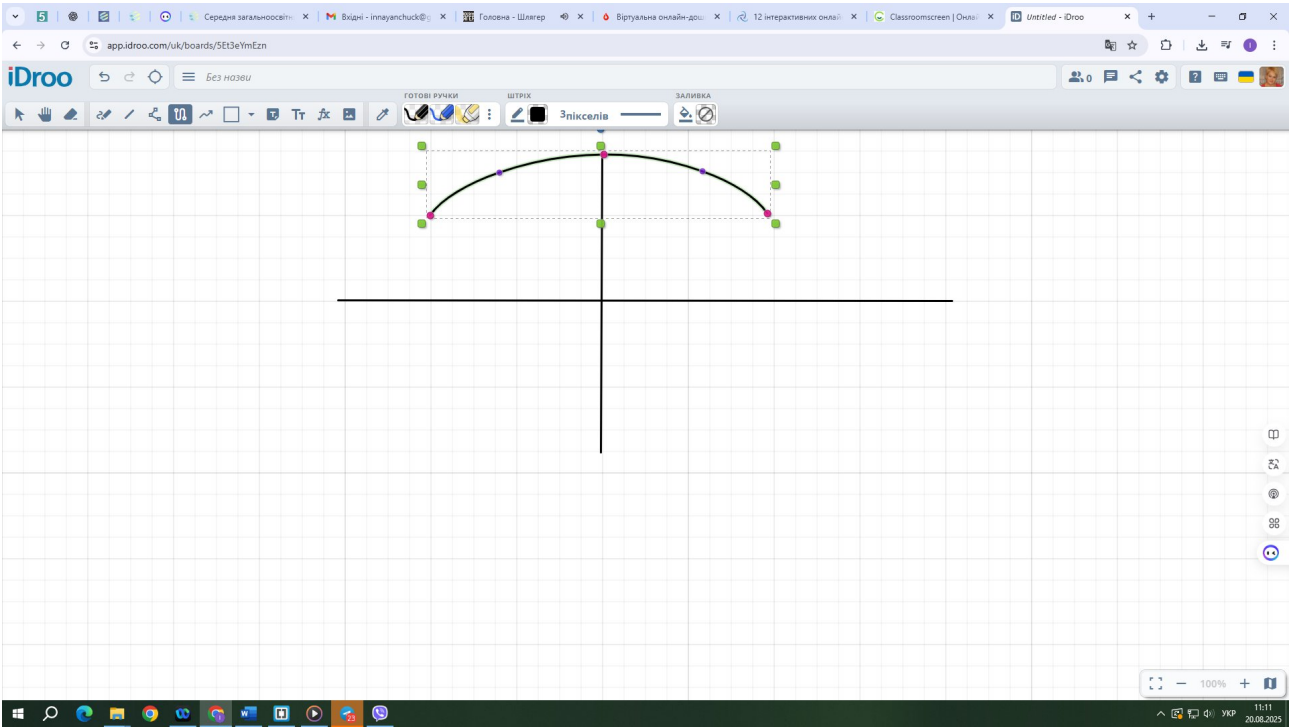
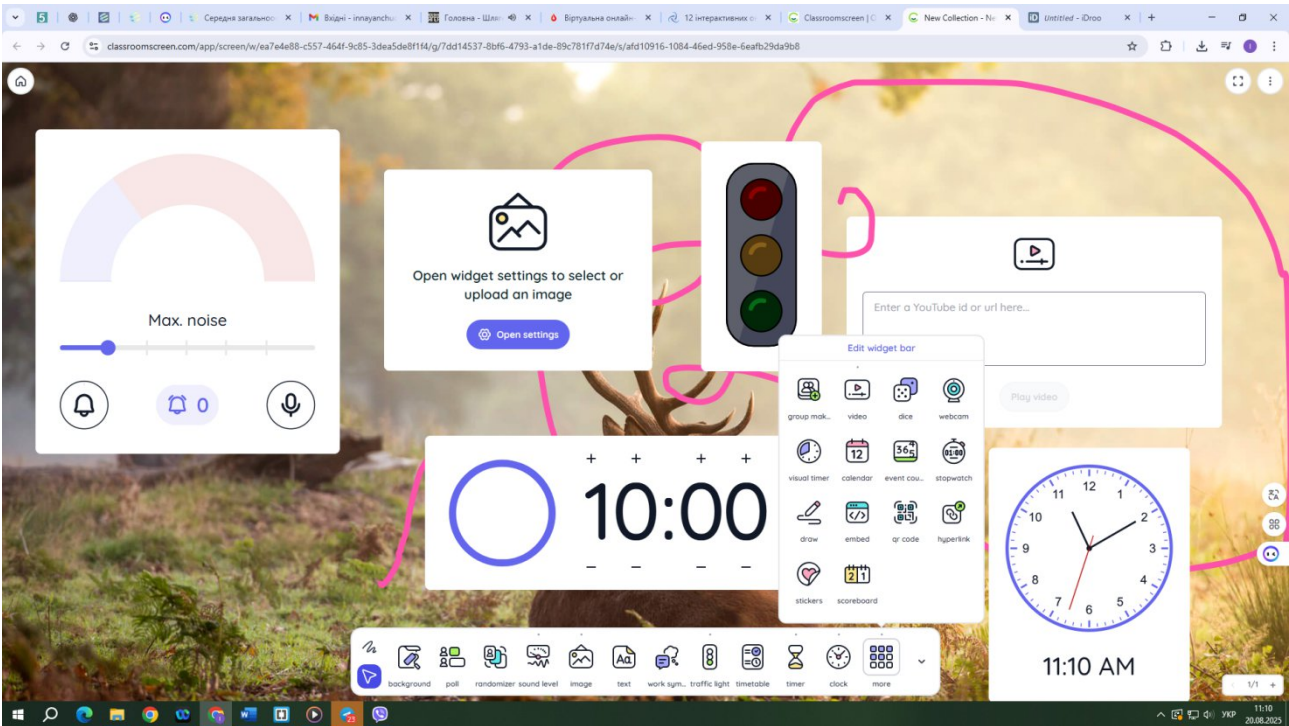
- Browser tabs: Середня загальноосвітня шк..., Відемі - innayanchuck@gmail..., Головна - Шлягер, What is Quizlet and How Can I..., фінанс | Quizlet
- Address bar: quizlet.com/ua/1037043703/фізика-flash-cards/
- Search bar: Швидше знаходьте все, що потрібно
- Navigation: Quizlet Live, Blast, Підбір, Блоки
- Section: Перевірка в класі
- Buttons: Карти, Зауваження, Тест
- Question: В) їх графіком є синусоїда
- Progress: Відстежуйте прогрес, 1 / 267
- User: А quizlette88221771, Створено 3 місяці тому
- Right sidebar: БЕЗКОШТОВНА ПРОБНА ВЕРСІЯ, Learn More, Microbiology 2020 Midterm Practice Exam, ЗРУЧНА ГЕЛЕВА ТЕКСТУРА ДО 100% ЗАФАРБОВУВАННЯ СИВИНИ, ДЕТАЛЬНІШЕ

Інтерактивна фізика

<https://effectuall.github.io/sims.html>

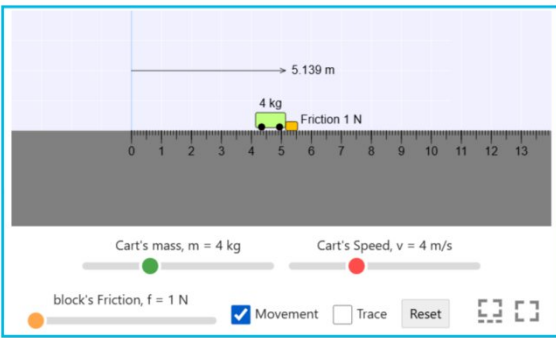


Онлайн дошки



STEM – фізика

маси та швидкості, а також як змінюється його здатність тягнути блок.



Cart's mass, $m = 4 \text{ kg}$ Cart's Speed, $v = 4 \text{ m/s}$

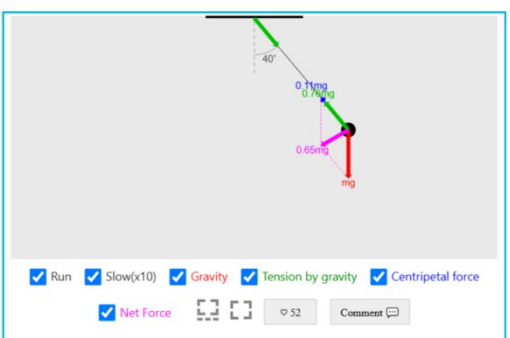
block's Friction, $f = 1 \text{ N}$ ☒ Movement ☐ Trace Reset

Натисніть тут, щоб розпочати симуляцію

JavaLab <https://javablab.org/>

Сили в маятнику

Це моделювання дозволяє нам спостерігати сили, що діють на маятник.



☒ Run ☒ Slow(x10) ☒ Gravity ☒ Tension by gravity ☒ Centripetal force

☒ Net Force 52 Comment

Натисніть тут, щоб розпочати симуляцію

JavaLab <https://javablab.org/>

Додаток 3**Анкета**

https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdsRCIL5bkZJ1CgfaF_JFpESKwJFC6F_zb2KXpm8-s7YU54pg/viewform?usp=header

1. Наскільки зручним для Вас виявився інтерфейс інтерактивної візуалізації?

Тип питання: Шкала (1–5)

- 1 – зовсім незручний
- 2 – скоріше незручний
- 3 – нейтрально
- 4 – зручний
- 5 – дуже зручний

2. Чи вважаєте Ви, що даний інструмент допомагає краще пояснити учням поняття синуса та косинуса через фізичні приклади?

Тип питання: Шкала (1–5)

- 1 – зовсім не допомагає
- 2 – допомагає слабо
- 3 – частково допомагає
- 4 – допомагає
- 5 – дуже допомагає

3. Наскільки доречним є використання подібних інтерактивних матеріалів у шкільній програмі з фізики?

Тип питання: Шкала (1–5)

- 1 – зовсім недоречне
- 2 – скоріше недоречне
- 3 – частково доречне
- 4 – доречне
- 5 – дуже доречне

4. Чи готові Ви застосовувати цей продукт на власних уроках?

Так

Частково

Ні

5. Що б Ви покращили у даній візуалізації?

Нічого, мене все влаштовує

Покращити дизайн

Додати нові функції (наприклад, зміна частоти/амплітуди)

Зробити мобільну версію

Інше (своє варіант)