

**ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МАТЕМАТИКИ, ФІЗИКИ І КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК
КАФЕДРА ФІЗИКИ І МЕТОДИКИ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ,
АСТРОНОМІЇ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

на тему:

**«ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ
ВІДЕОМАТЕРІАЛІВ З ФІЗИКИ ПІД ЧАС ПРОВЕДЕННЯ
ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ»**

Студентки ІІ курсу групи
Освітньої програми Середня освіта. Фізика
Спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика та
Астрономія)
Галузі знань 01 Освіта /Педагогіка
Ступеня вищої освіти магістр
Остапчук Ольги Ярославівни

Науковий керівник: **Моклюк М.О.**
кандидат педагогічних наук, доцент

Розширена шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Голова Екзаменаційної комісії _____
(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Члени Екзаменаційної комісії _____
(підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФІЗИЦІ: ВІДЕОАНАЛІЗ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ	9
1.1. Навчальний фізичний експеримент та його види	9
1.2. Роль навчальних фізичних експериментів у традиційному та дистанційному навчанні.	23
1.3. Теоретичні основи використання відеоматеріалів у фізичних лабораторних заняттях.	29
РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ TRACKER ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ	35
2.1. Програмне забезпечення для аналізу відеоматеріалів	35
2.2. Особливості застосування Tracker для виконання лабораторних робіт з фізики	41
2.3. Методичні особливості виконання лабораторних робіт з фізики на основі використання програм для аналізу відео	44
2.4. Оцінка ефективності використання програмного забезпечення Tracker під час лабораторних занять.	64
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

АНОТАЦІЯ

Остапчук Ольга Ярославівна. Використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів з фізики під час проведення лабораторних занять. 014.08 Середня освіта (Фізика та Астрономія). Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, 2024 р.

Дипломна робота присвячена використанню програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів під час лабораторних занять з фізики. Розглянуто переваги та недоліки програмних засобів для аналізу відеоматеріалів, описано особливості та методичні рекомендації використання програмного забезпечення Tracker під час проведення лабораторних робіт.

У першому розділі дипломної роботи розглядаються основи навчального фізичного експерименту, його види та роль у навчальному процесі. Окрему увагу приділено важливості експериментів як ефективного засобу для формування експериментальних умінь учнів у традиційному та дистанційному навчанні. Визначаються методи організації та проведення фізичних експериментів, а також їх адаптація під нові форми навчання. Останній параграф фокусується на теоретичних засадах використання відеоаналізу в лабораторних заняттях з фізики, зокрема за допомогою програмного забезпечення для аналізу відео, що дозволяє учням більш детально вивчати фізичні явища, підвищуючи ефективність та доступність навчання.

Другий розділ присвячено практичному застосуванню програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів у фізичних лабораторних роботах. У ньому розглядаються основні характеристики та функціональні можливості програм, зокрема Tracker, для виконання фізичних експериментів. Також вивчаються переваги і недоліки застосування таких програм в лабораторних роботах, оцінюється їх вплив на точність виконання експериментів і розвиток навичок учнів, а також ефективність їх інтеграції в навчальний процес.

Ключові слова: програмне забезпечення, аналіз відеоматеріалів,

Tracker, лабораторні роботи, фізика, дистанційне навчання, відеоаналіз, освітні технології, методика експериментів, інтерактивні ресурси, шкільне навчання, візуалізація даних, технології в освіті.

ANNOTATION

Ostapchuk Olga Yaroslavivna. The Use of Software for Analyzing Video Materials in Physics During Laboratory Classes. 014.08 Secondary Education (Physics and Astronomy). Vinnytsia Mykhailo Kotsiubynskyi State Pedagogical University, Vinnytsia, 2024.

The diploma thesis is dedicated to the use of software for analyzing video materials during physics laboratory classes. It discusses the advantages and disadvantages of software tools for video analysis, and describes the features and methodological recommendations for using Tracker software in conducting laboratory experiments.

The first chapter discusses the fundamentals of educational physics experiments, their types, and their role in the educational process. Special attention is paid to the importance of experiments as an effective means of developing experimental skills in both traditional and distance learning environments. Methods of organizing and conducting physics experiments are identified, as well as their adaptation to new forms of education. The final paragraph focuses on the theoretical foundations of using video analysis in physics laboratory sessions, particularly with the help of software that allows students to study physical phenomena in more detail, improving the effectiveness and accessibility of learning.

Chapter 2 is dedicated to the practical application of software for analyzing video materials in physics laboratory work. It examines the key features and functional capabilities of programs, particularly Tracker, for conducting physical experiments. The advantages and disadvantages of using such programs in laboratory work are also analyzed, as well as their impact on the accuracy of experiments and the development of students' skills, along with the effectiveness of their integration into the learning process.

Keywords: software, video analysis, Tracker, laboratory work, physics, distance learning, educational technologies, experiment methodology, interactive resources, school education, data visualization, technology in education.

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Використання цифрових інструментів в освіті набуває все більшого значення, особливо в навчанні фізики. Програмне забезпечення, таке як Tracker, відіграє важливу роль у покращенні навчального процесу, оскільки дозволяє учням проводити фізичні експерименти за допомогою відеоаналізу. Це програмне забезпечення не тільки підтримує візуалізацію експериментальних даних, але й дає можливість точно та інтерактивно аналізувати фізичні процеси, що значно поглиблює розуміння фізичних явищ. Використання Tracker допомагає учням формувати експериментальні навички та наукове мислення, дозволяючи їм краще освоювати фізичні принципи та їх застосування, навіть коли експерименти проводяться поза межами традиційного класу.

Попередні дослідження вказують на важливість удосконалення навчального фізичного експерименту за допомогою інформаційних та комп'ютерних технологій. Впровадження таких технологій під час проведення лабораторних робіт дозволяє значно підвищити ефективність навчального процесу. Використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів дає можливість детально вивчати фізичні явища, спрощуючи процес вимірювань та надаючи студентам змогу більш точно спостерігати та аналізувати результати експериментів. Аналіз відео матеріалів, зокрема, дає змогу виконувати високоточні вимірювання, що є важливим для формування глибоких знань з фізики та розвитку дослідницьких навичок учнів.

Мета дослідження: Вивчити можливості використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів, зокрема Tracker, у фізичних лабораторних роботах для вдосконалення експериментальних навичок учнів середньої школи. Дослідження спрямоване на оцінку ефективності впровадження відеоаналізу для покращення якості освітнього процесу в

умовах дистанційного навчання та підвищення доступності фізичних експериментів у віртуальному середовищі.

Завдання дослідження:

- Провести аналіз науково-методичної літератури для з'ясування ролі відеоаналізу у процесі навчання фізики, визначення його впливу на формування експериментальних навичок та підвищення ефективності навчального процесу.

- Дослідити функціональні можливості програмного забезпечення Tracker для аналізу відеоматеріалів, визначити його переваги та обмеження у проведенні фізичних експериментів.

- Вивчити вплив використання відеоаналізу на формування експериментальних навичок учнів середньої школи та на покращення засвоєння фізичних знань у процесі навчання.

- Здійснити практичне дослідження застосування відеоаналізу у лабораторних роботах для оцінки його ефективності у вивченні фізики.

Об'єкт дослідження: освітній процес з фізики в закладах середньої освіти.

Предмет дослідження: використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів у фізичних лабораторних роботах.

Гіпотеза дослідження. Використання програмного забезпечення для відеоаналізу у фізичних лабораторних роботах підвищить ефективність засвоєння знань та сприятиме розвитку експериментальних навичок учнів у вивченні фізики.

Методи дослідження. Основними методами стали: аналіз, синтез, порівняння, класифікація та узагальнення для визначення проблематики і формулювання гіпотези, а також оцінки результатів експериментів.

Наукова новизна роботи полягає в комплексному дослідженні використання програмного забезпечення для відеоаналізу фізичних явищ у процесі навчання фізики в загальноосвітніх закладах. Вперше обґрунтовано можливість інтеграції програм, таких як Tracker, у лабораторні роботи з

фізики, що дозволяє учням глибше розуміти та аналізувати динаміку фізичних процесів за допомогою цифрових технологій. Дослідження пропонує нові підходи до організації експериментів, які сприяють розвитку аналітичного мислення та експериментальних навичок учнів, що особливо важливо в умовах сучасної цифрової трансформації освіти.

Теоретичне значення дослідження полягає у вивченні та аналізі ролі відеоаналізу під час вивчення фізики в освітньому процесі. Робота розкриває, як використання програмного забезпечення, такого як Tracker, сприяє глибшому розумінню фізичних явищ через їхню візуалізацію та аналіз у відеоформаті. Дослідження також сприяє розвитку підходів до впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у навчальний процес, що відповідає сучасним вимогам до якості освіти та інтеграції цифрових інструментів у практичну діяльність.

Практичне значення дослідження полягає в тому, що його результати можуть бути використані для вдосконалення навчання фізики під час лабораторних занять. Застосування програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів дозволяє учням розвивати експериментальні навички, вміння самостійно працювати з даними та поглиблювати розуміння фізичних процесів. Результати дослідження можуть бути корисними для вчителів фізики та освітніх установ, що прагнуть підвищити ефективність проведення лабораторних робіт, забезпечуючи учням інтерактивний та доступний підхід до навчального матеріалу.

Апробація дослідження. Результати дипломної роботи апробовані в мережевому електронному виданні «Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. / редкол.: С. В. Подолянчук (голова) та ін.; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського»:

Ольга Остапчук, Микола Моклюк, Ольга Моклюк. Використання відеоматеріалів та їх аналіз під час виконання лабораторних робіт з фізики. Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. /

редкол.: С.В. Подолянчук (голова) та ін.; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. [Електронне мережне видання]. Вінниця, 2024. Випуск 21. С. 169-173.

Обсяг та структура роботи. Дипломна робота складається з вступу, двох розділів, висновку та списку використаних джерел (57 позицій). Обсяг роботи становить 77 сторінок.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО НАВЧАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ФІЗИЦІ: ВІДЕОАНАЛІЗ ТА ІНТЕГРАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1. Навчальний фізичний експеримент та його види

Шкільний фізичний експеримент можна класифікувати за різними ознаками: за дидактичною метою, за рівнем відповідності науковому експерименту, за ступенем складності, за характером навчальної діяльності учнів тощо (рис.1.1).



Рис. 1.1. Класифікація шкільного фізичного експерименту.

Структура навчального фізичного експерименту, зберігаючи загальні принципи наукового дослідження, включає в себе додатковий освітній елемент, який пов'язаний з роллю вчителя [1]. Вчитель виступає як досвідчений керівник, що може впливати на процес дослідження або на здобувачів освіти, які працюють з експериментальними засобами. Враховуючи це, навчальні фізичні експерименти поділяються на два типи: *демонстраційні* та *лабораторні*.

Демонстраційний експеримент – це показ фізичних явищ, процесів, їх практичного застосування, який розрахований на одночасне сприйняття усіма учнями класу [8].

Демонстраційний експеримент як метод навчання належить до ілюстративних методів, оскільки основною його метою є наочне представлення фізичних явищ чи процесів для кращого розуміння учнями теоретичних матеріалів.

Основною фігурою у проведенні демонстраційного експерименту є вчитель, який не лише організовує навчальний процес, але й безпосередньо здійснює демонстрацію дослідів [2].

Демонстраційний експеримент має суттєвий *недолік* - учні не працюють з приладами [1] (хоча деякі з них можуть залучатись до підготовки демонстрацій).

Перелік обов'язкових демонстрацій для кожної теми шкільного курсу фізики визначено програмою. До нього включено, перш за все, експерименти, що складають фундамент сучасної фізики, які називають основоположними [5]. Це, зокрема, досліди Галілея, Кавендіша, Штерна, Кулона, Ерстеда, Фарадея, Герца, Столетова та інших. Деякі з цих експериментів можуть бути відтворені в шкільних умовах з достатнім рівнем точності, тоді як інші вимагають складного та дорогого обладнання (наприклад, досліди Лебедева, Міллікена, Резерфорда) і можуть бути продемонстровані лише за допомогою кіно, телебачення або змодельовані за допомогою комп'ютерних технологій [8].

Проведення цих експериментів повинно бути максимально чітким, а пояснення ретельно продуманими, щоб не лише розкрити фізичну суть дослідів, але й підкреслити його значення в контексті фізичної науки загалом [4].

З методичної точки зору демонстраційний експеримент необхідний при розв'язанні дидактичних завдань [1]:

1) *для ілюстрації пояснень учителя*. Ефективність засвоєння навчального матеріалу значно підвищується, коли пояснення вчителя доповнюються демонстрацією експериментів [3]. Під час демонстрації вчитель має змогу спрямовувати пізнавальну діяльність здобувачів освіти,

акцентуючи їхню увагу на ключових аспектах, важливих для розуміння суті навчального матеріалу. Демонстрації цього типу найбільш поширені серед обов'язкових мінімумів, передбачених навчальною програмою.

2) *для ілюстрації практичного застосування отриманих знань з фізики в техніці, технологіях, побуті.* Демонстрація таких експериментів важлива не лише для того, щоб продемонструвати зв'язок фізики з технікою, а й для підготовки здобувачів освіти до життя в умовах сучасного технологічного суспільства. [20]. Ознайомлення з техніко-технологічними об'єктами допомагає формувати мотивацію до вивчення фізики, а також дозволяє поглибити і систематизувати знання про раніше вивчені фізичні явища [1].

3) *для створення проблемних ситуацій.*

4) *для експериментальної перевірки теоретичних положень і гіпотез, висунутих учнями в ході обговорення проблемних ситуацій.*

5) *для збудження та активізації пізнавального інтересу до фізичних явищ та теорій.* Ефективний демонстраційний експеримент може бути своєрідним поштовхом до активної пізнавальної діяльності учнів, особливо якщо він носить проблемний характер [6]. Наприклад, демонстрація плавання сталевий голки на поверхні води створює проблемну ситуацію, яка може бути покладена в основу вивчення властивостей поверхневого шару рідини [4].

6) *для виявлення закономірностей та перевірки наслідків.*

7) *для формування понять, розкриття сутності законів.*

Оскільки сучасна методика навчання фізики передбачає велику кількість демонстрацій для кожної теми шкільного курсу фізики, перед учителем постає завдання вибору найбільш підходящих дослідів для кожного конкретного уроку [7]. За наявності кількох варіантів дослідів слід обирати ті, які:

- найповніше відповідають темі та дидактичним цілям уроку;
- найефективніше вписуються в логічну структуру уроку;
- найбільш виразно ілюструють явище чи фізичну теорію;
- можуть бути відтворені на найпростішому обладнанні (але без втрати

ефективності) [2].

Методика демонстрування - це сукупність методів і прийомів, що забезпечують максимальну ефективність демонстрації та сприяють оптимальному сприйняттю її здобувачами освіти [20].

Методичні вимоги до демонстраційного експерименту:

1. *Доступність*. Щоб учні могли сприймати експерименти, їх необхідно попередньо підготувати. Мета та процес дослідів повинні бути зрозумілими, тому вчитель повинен пояснити ідею та схему проведення експерименту [2].

2. *Науковість*. Демонстрації повинні ґрунтуватися на наукових принципах і точних фізичних закономірностях [5]. Вчитель повинен пояснювати не лише результати експериментів, а й їх теоретичні основи, що допоможе учням зрозуміти, як ці явища вписуються в загальну картину фізичної науки.

3. *Короткочасність*. Тривалість демонстраційного експерименту не повинна перевищувати 3-5 хвилин. Кількість демонстрацій також має бути помірною, щоб не перевантажувати учнів інформацією. Експерименти повинні бути чіткими та однозначними, щоб не відволікати увагу здобувачів освіти від основної мети уроку [4].

4. Демонстраційну установку слід збирати перед учнями в процесі навчання. Заздалегідь збираються тільки надто складні установки [18].

5. *Надійність*. Експерименти повинні бути надійними, що передбачає можливість їх повторення в різних умовах [7]. Це дозволяє учням перевіряти отримані результати, оцінювати їх точність і вчитися на практиці, спостерігаючи за одними й тими ж фізичними явищами в різний час і за різних обставин. Надійність експериментів сприяє формуванню довіри до наукових висновків і розумінню принципів, на яких базується фізика.

6. *Виразність*. Експерименти повинні бути виразними, що означає, що вони мають просто і чітко демонструвати суть фізичного явища. Яскравість і зрозумілість проведених дослідів допомагають учням легше усвідомлювати та запам'ятовувати інформацію, сприяючи глибшому розумінню навчального

матеріалу [3].

7. Досліди повинні зацікавити учнів, викликати інтерес [18].

8. *Уникнення заміни.* Демонстраційні експерименти не повинні замінюватися комп'ютерним моделюванням чи показом кінофрагментів. Хоча ці методи можуть бути корисними доповненнями, вони не можуть повністю відтворити реальний досвід безпосереднього спостереження за фізичними явищами. Живе проведення експериментів дає учням можливість безпосередньо взаємодіяти з матеріалом, що значно підвищує їхню зацікавленість і розуміння навчального процесу [2].

Техніка демонстраційного експерименту - це сукупність приладів і пристроїв, які спеціально розроблені та використовуються для проведення демонстраційних експериментів [8]. Вона забезпечує точність, надійність і безпеку експериментальних установок, що дозволяє ефективно ілюструвати фізичні явища та закономірності.

Вимоги до техніки демонстраційного експерименту:

1. Експеримент повинен давати вірогідні результати.
2. Установка повинна бути повністю видима учням:
 - ні вчитель, ні його руки не повинні закривати прилади;
 - окремі прилади не повинні затінити один одного;
 - прилади повинні бути добре освітлені [4].

Досліди зі світловими явищами слід проводити в затемненій кімнаті або в повній темряві. Явища, що відбуваються в безбарвних рідинах, можна зробити видимими, підфарбовуючи їх. Якщо жоден із цих методів не забезпечує бажаного результату, можна скористатися тіньовим проектуванням або телевізійною камерою. Важливо, щоб усі прилади відповідали правилам техніки безпеки, що забезпечить безпечні умови для проведення експериментів і захистить учнів під час демонстрацій [6].

Підготовка вчителя до проведення демонстраційного експерименту включає таку послідовність дій:

1. Визначення дидактичної мети досліду і його місця в структурі уроку

або етапу уроку [24].

2. Чітке формулювання, яке явище чи властивість тіла чи пристрою буде демонструватися.
3. Визначення елементів експериментальної установки та об'єкта дослідження [3].
4. Складання принципової схеми експериментальної установки.
5. Вибір приладів для проведення експерименту.
6. Збір демонстраційної установки.
7. Продумування техніки демонстраційного експерименту [4].

Кожен демонстраційний дослід повинен готуватись заздалегідь. Доцільно скласти картотеку демонстраційних дослідів, відмітити на картках параметри елементів демонстраційної установки робити помітки щодо її ефективного функціонування [18].

Технологія проведення дослідів передбачає визначення етапів цієї роботи, які слідує одні за одним і повинні привести до запланованого результату [3].

Незалежно від мети демонстраційного експерименту, можна зазначити систему дій вчителя, що спрямовані на [6]:

- створення мотивації і організація уваги учнів;
- формулювання пізнавальної задачі;
- опис експериментальної установки;
- виділення об'єкту спостереження;
- виконання експерименту, при необхідності повторення;
- аналіз результатів і обговорення висновків [4].

Проблему розвитку мислення учнів неможливо вирішити тільки через засвоєння розумових операцій [3], оскільки здатність теоретично міркувати про певну систему дій не забезпечує того, що учень зможе виконати ці операції на практиці. Завершальний етап розвитку розумових процесів - це не лише формування розумової діяльності, а й реалізація цієї діяльності в практичній роботі. Тому навчання фізики повинно зосереджуватись на

залученні учнів до різних форм діяльності, які сприяють застосуванню отриманих знань на практиці, зокрема через виконання лабораторних завдань [7].

Лабораторні роботи - це організація навчального фізичного експерименту, в процесі якого кожен учень безпосередньо працює з приладами та установками, виконуючи завдання, що сприяють розвитку практичних навичок і розуміння фізичних явищ [4].

При вивченні систематичного курсу фізики передбачається виконання лабораторних робіт з метою [5]:

- формування нових знань;
- дослідження явищ і конструювання приладів;
- моделювання і вивчення методів фізичних досліджень;
- вимірювання фізичних величин.

Дидактична роль лабораторних робіт є надзвичайно важливою. Сприймання під час виконання лабораторних робіт ґрунтується на значно більшій і різноманітнішій кількості чуттєвих вражень, що робить його глибшим і повнішим у порівнянні зі сприйманням під час демонстраційного експерименту [5].

Під час виконання лабораторних робіт учні отримують можливість використовувати фізичні прилади як інструменти для експериментального пізнання, що допомагає їм розвивати практичні навички. У деяких випадках повне розуміння наукових понять стає можливим лише через безпосереднє ознайомлення з фізичними явищами, що досягається шляхом виконання експериментів учнями [18].

Виконання лабораторних робіт сприяє поглибленню знань учнів у певних темах фізики, набуттю нових навичок, ознайомленню з сучасними експериментальними методами та розвитку логічного мислення. Крім того, лабораторні роботи мають важливе виховне значення, оскільки вони сприяють дисциплінованості учнів, привчають до самостійної роботи та формують навички лабораторної культури [2].

Лабораторні роботи з фізики класифікуються за різними ознаками:

- *за змістом* - з механіки, молекулярної фізики, електродинаміки, оптики та ін.;
- *за методами виконання та обробки результатів* - спостереження, якісні досліди, вимірювальні роботи, кількісні дослідження функціональних залежностей величин;
- *за мірою самостійності учнів під час виконання* - перевірочні, евристичні, творчі;
- *за дидактичною метою* - вивчення нового матеріалу, повторення і закріплення знань, спостереження та дослідження фізичних явищ, знайомство з фізичними приладами та вимірюванням фізичних величин є основними завданнями лабораторних робіт. Вони також забезпечують ознайомлення з конструкцією і принципом роботи фізичних приладів і технічних установок, допомагають виявити чи перевірити кількісні закономірності, а також визначити фізичні константи [21].
- *за місцем у навчальному процесі* - попередні, ілюстративні, підсумкові [4];
- *за організаційною ознакою* - фронтальні лабораторні роботи, фізичні практикуми, експериментальні задачі, домашній експеримент.

Остання класифікація найзагальніша і найпоширеніша [6].

Фронтальні лабораторні роботи - це заняття, в яких учні самостійно повторюють і спостерігають фізичні явища або здійснюють вимірювання фізичних величин за допомогою спеціалізованого обладнання. Термін "фронтальний" вказує на те, що весь клас виконує однаковий експеримент, використовуючи одне і те ж обладнання. Коли тривалість таких робіт не перевищує 10-15 хвилин, їх часто називають фронтальними дослідженнями. Такі роботи проводяться в рамках вивчення відповідного матеріалу і сприяють активному залученню учнів до навчального процесу, дозволяючи їм здобувати практичний досвід в дослідженні фізичних явищ [7].

Фізичним практикумом називають таку форму проведення

лабораторних робіт, у якій усі ланки або групи ланок учнів отримують різні завдання ускладненого змісту. Практикум зазвичай проводиться після вивчення певного розділу курсу фізики або наприкінці навчального року. [4] Його завдання охоплюють великі теми курсу і вимагають для свого виконання використання складної фізичної апаратури та експериментальних установок [1]. Ця форма роботи стимулює самостійність учнів, дозволяє їм поглибити знання з фізики та отримати досвід роботи з різноманітними приладами, що сприяє розвитку їхнього аналітичного мислення [6].

Експериментальна задача - це задача, дані для розв'язання якої отримують дослідним шляхом, адже без проведення експерименту на питання такої задачі неможливо відповісти [8].

Домашній експеримент - це лабораторні роботи, які учні виконують вдома за вказівкою вчителя. У процесі таких робіт здобувачі освіти використовують предмети домашнього вжитку або прості прилади, які вони можуть виготовити самостійно. Ця форма діяльності сприяє розвитку самостійності, творчого підходу та здатності застосовувати теоретичні знання на практиці [6].

Лабораторні роботи можуть виконуватися за одним із методів: *репродуктивним, частково-пошуковим (евристичним) або дослідницьким*.

Репродуктивний метод виконання лабораторної роботи полягає в тому, що не передбачається самостійне здобуття нових знань; метою цього підходу є підтвердження вже відомих фактів і істин або ілюстрування теоретично встановлених тверджень [53].

Виконання лабораторних робіт репродуктивним методом полягає в актуалізації знань учнів, повторенні методів вимірювання фізичних величин та роз'ясненні принципу роботи установки. Далі учням надається завдання зібрати установку, здійснити необхідні вимірювання, обробити отримані дані та зробити висновки. Цей підхід допомагає учням практично застосовувати отримані знання, зміцнюючи їх навички проведення експериментів і аналізу результатів [7].

Хоча цей метод є найпоширенішим у практиці навчання фізики, він має суттєві недоліки [5]: він зосереджується на відтворювальній діяльності учнів і вимагає від них дій за зразком, що може обмежувати їхню творчість та ініціативу.

Частково-пошуковий метод навчання полягає в тому, що вчитель надає учням послідовні інструкції, спрямовуючи їх практичні дії, а потім ставить запитання, що орієнтують їх на аналіз результатів експериментів і формулювання нових фактів чи законів. Цей метод дає можливість інтегрувати лабораторні роботи в процес вивчення нового матеріалу, дозволяючи учням отримувати нові знання через самостійне спостереження й експериментування на власноруч зібраній установці [1].

Частково-пошуковий метод доцільно використовувати в тих випадках, коли всі дії, які повинні виконати учні, вже засвоєні або виконуються без особливих труднощів [3]. Він може бути ефективним у лабораторних роботах, присвячених спостереженню явищ або встановленню функціональних залежностей між певними фізичними величинами. Цей метод сприяє розвитку аналітичного мислення учнів, оскільки вони залучені до активного процесу пізнання та самостійного відкриття нових знань.

При дослідницькому методі виконання лабораторних робіт учні отримують лише завдання, але самостійно визначають способи його виконання. Вони проходять усі етапи дослідження: збирають установку, виконують вимірювання, обробляють результати та формулюють висновки. Цей метод застосовується переважно в індивідуальній роботі з учнями, які мають високий рівень здібностей [33]. Однак елементи дослідницького підходу доцільно інтегрувати в навчання всіх учнів, сприяючи розвитку їхньої самостійності та дослідницьких навичок.

Перед виконанням лабораторної роботи доцільно запропонувати учням розглянути можливі методи непрямого вимірювання певної величини, самостійно вказати необхідні прилади та способи проведення вимірювань. Пропозиції учнів обговорюються колективно, що дозволяє розробити єдиний

підхід до виконання роботи. Вся подальша робота здійснюється учнями самостійно, а роль вчителя обмежується контролем за їхніми діями [8].

Кількісні співвідношення між методами виконання лабораторних робіт не можуть бути визначені чітко і стандартизовано, оскільки їх вибір залежить від кількох факторів: мети уроку, рівня підготовленості учнів, а також специфіки самого експерименту [4]. Вибираючи метод виконання лабораторного експерименту, вчитель має керуватися тим, що кожна робота повинна відповідати програмним вимогам до експериментальної підготовки учнів. Це означає, що навчання має бути організоване в зоні найближчого розвитку кожного учня, що дозволяє йому отримувати нові знання та вміння, спираючись на вже наявні знання. Таким чином, учитель повинен ретельно оцінювати готовність учнів до виконання лабораторних робіт і підбирати методи, які забезпечать їх ефективне навчання та розвиток [12].

Кількість та тематика фронтальних лабораторних робіт для кожної теми шкільного курсу фізики визначаються відповідно до навчальної програми. Якщо виникає потреба, наприклад, через відсутність необхідного обладнання чи певних умов, зазначені роботи можуть бути замінені альтернативними завданнями, які мають рівноцінну навчальну цінність. Для виконання фронтальних лабораторних робіт передбачається використання спеціальних (лабораторних) приладів, які дозволяють учням самостійно відтворювати фізичні явища, проводити вимірювання фізичних величин та аналізувати отримані результати [18].

Підготовка до виконання фронтальних лабораторних робіт починається з організації відповідної матеріальної бази, що передбачає підбір необхідних приладів для проведення експерименту [2]. Це включає перевірку стану обладнання, забезпечення наявності всіх необхідних інструментів, а також підготовку експериментальних установок, що дозволяють учням виконувати завдання згідно з вимогами навчальної програми. Прилади повинні бути розраховані на роботу в парах, що забезпечить оптимальне використання обладнання та сприятиме взаємодії між учнями. Формування пар має

проводитися з урахуванням рівня підготовки учнів, їхніх вмінь і знань, щоб забезпечити високу ефективність роботи кожного учня [6].

Перед виконанням фронтальної лабораторної роботи вчитель ознайомлює учнів з темою роботи та визначає обсяг матеріалу, який необхідно повторити для її успішного виконання [7].

Перед початком кожного лабораторного дослідження вчитель проводить детальний інструктаж, під час якого пояснює мету роботи, порядок її виконання та, що найголовніше, правила безпеки. Цей інструктаж є обов'язковим для всіх учнів і фіксується у "Журнал інструктажу з техніки безпеки", що знаходиться в кабінеті фізики [18].

Учні записують в зошитах дату, номер і тему лабораторної роботи, перелік приладів і матеріалів, а також креслять таблицю для занесення результатів вимірювань та обчислень.

Експериментальну частину завдання учні виконують самостійно під контролем вчителя, який стежить за ходом роботи та готовий надати допомогу у разі необхідності. Він звертає увагу учнів на прийоми правильної роботи з приладами, вказує на можливі помилки та порушення правил техніки безпеки. При цьому він оцінює рівень самостійності та якості виконання роботи кожним учнем [4].

Результати роботи заносяться учнями в зошит, де проводиться їх обробка, аналіз даних та записується відповідний висновок [1]. Це може включати отримані значення фізичної величини, що були виміряні під час експерименту, а також узагальнення спостережень та вивчених явищ. Завершальний етап важливий для розвитку рефлексії учнів, допомагаючи їм усвідомити значення отриманих результатів у контексті вивченого матеріалу [18].

Оцінка за лабораторну роботу формується на основі спостережень вчителя за процесом виконання завдання та аналізу оформленого звіту учня.

Навчальна програма з фізики передбачає проведення фізичних практикумів, спрямованих на закріплення теоретичних знань та розвиток

практичних навичок. Вчитель обирає теми робіт з урахуванням рівня підготовки учнів, наявності обладнання та часу, відведеного на кожну роботу. Тривалість робіт може бути один або два уроки, а їх складність адаптується до конкретних умов навчання [21].

Для виконання робіт практикуму використовуються більш складні прилади, ніж ті, що зазвичай застосовуються під час фронтальних лабораторних робіт. Це дозволяє учням більш точно проводити вимірювання, а також ознайомлюватися з приладами, які використовуються для фізичних досліджень [6].

Виконання робіт фізичного практикуму організовано за таким принципом: учні, розподілені на групи, одночасно працюють над різними завданнями згідно з розробленим графіком.

Перед проведенням практикуму вчитель підготовлює інструкції, які містять кілька важливих компонентів. По-перше, визначається мета роботи, яка чітко окреслює основну задачу та результати, яких планується досягти. По-друге, в інструкціях зазначається метод розв'язування експериментального завдання, що допомагає учням зрозуміти, якими шляхами вони можуть підійти до вирішення поставленої задачі [18].

У документах також наведено список необхідних приладів, які забезпечують учнів усім, що потрібно для проведення експерименту. Крім того, вказано порядок виконання експерименту, що містить детальні інструкції для учнів і сприяє їхній самостійній роботі.

До інструкцій входить таблиця результатів вимірювань та їх обробки, що дозволяє систематизувати отримані дані. На завершення, контрольні запитання спонукають учнів до аналізу виконаної роботи і сприяють закріпленню нових знань [4].

Перед виконанням кожної роботи учні повинні підготуватися вдома, що включає повторення теоретичного матеріалу, пов'язаного з темою експерименту. Цей етап є важливим для забезпечення розуміння основних принципів і концепцій, які вони застосовувати під час практичної роботи

[18].

На заняттях учні проводять експериментальні дослідження, під час яких здійснюють вимірювання, спостереження та фіксують результати [5]. Після збору даних вони обробляють отримані результати, аналізуючи їх і готуючи висновки, які відображають сутність спостережуваного явища чи експерименту.

Заключним етапом роботи є звітування перед учителем, де учні презентують свої результати, обґрунтовують висновки та можуть отримувати зворотний зв'язок щодо виконаної роботи [3].

Перед початком виконання лабораторних робіт проводиться вступна бесіда, під час якої розглядаються важливі організаційні моменти. Вчитель проводить інструктаж з техніки безпеки, пояснює, як правильно готуватися до роботи, а також вказує, що учень має робити під час виконання завдань. Обговорюються вимоги до звіту про виконану роботу, організація контролю та оцінювання виконаних робіт. Також учні знайомляться з графіком виконання лабораторних робіт, що допомагає їм планувати свою діяльність [18].

Під час виконання лабораторних робіт учитель здійснює контроль за якістю підготовки учнів, правильністю складання експериментальних установок, коректністю роботи з вимірювальними приладами та дотриманням правил техніки безпеки.

На основі спостережень учителя за виконанням лабораторних робіт та оцінок, поданих учнями у вигляді звітів, виставляється загальна оцінка за роботу в класний журнал. У багатьох випадках також практикується організація залікової роботи таким чином, що учні мають "захищати" свої результати [8].

Методика використання домашнього експерименту під час навчання фізики передбачає кілька важливих аспектів. Він має бути логічним продовженням того, що учні виконують у класі, і доповнювати їхні знання, здобуті під час фронтальних лабораторних робіт. Тому важливо, щоб

домашні експериментальні завдання пропонувалися після того, як учні ознайомляться з основними принципами дослідження під час класної роботи.

Завдання повинні бути диференційованими, що дозволяє учням працювати на оптимальному рівні, враховуючи їхні індивідуальні можливості та рівень підготовленості. Домашні експериментальні завдання, як правило, передбачають використання доступних матеріалів і нескладних саморобних приладів, що можна знайти у побуті [6].

Виконання домашніх експериментальних завдань повинно обговорюватися з учнями в класі, перевірятися та оцінюватися вчителем [18].

Розв'язування *експериментальної* задачі складається із чотирьох етапів:

- 1) усвідомлення змісту задачі,
- 2) складання плану розв'язку,
- 3) виконання плану,
- 4) дослідження відповіді [6].

1.2. Роль навчальних фізичних експериментів у традиційному та дистанційному навчанні.

Експеримент є основою фізичної науки, оскільки саме він дозволяє перевіряти теоретичні моделі і гіпотези, а також відкривати нові явища і закономірності в природі. У фізиці експерименти виконують важливу роль у підтвердженні чи спростуванні теоретичних припущень, що забезпечує наукову точність і достовірність знань [16]. Через проведення лабораторних досліджень дослідники можуть спостерігати фізичні процеси в реальних умовах, що дає можливість глибше зрозуміти складні явища, такі як закони руху, електромагнетизм чи квантові ефекти [9]. Саме тому, невід'ємною складовою методичної системи навчання фізики є *навчальний фізичний експеримент*. Використання експериментів у навчальному процесі не тільки допомагає школярам краще засвоювати теоретичний матеріал, але й розвиває їхні практичні навички, критичне мислення та здатність до наукового аналізу [50]. Експериментальна діяльність формує фундамент для подальшого

наукового прогресу і є незамінним інструментом у пошуку нових знань і технологій.

У сучасних умовах, зокрема в контексті дистанційного навчання, особливої актуальності набуває використання віртуальних фізичних експериментів (ВФЕ) [56]. ВФЕ дозволяють імітувати реальні фізичні явища та процеси за допомогою спеціального програмного забезпечення. Однією з ключових переваг таких експериментів є їх інтерактивність, яка сприяє розвитку пізнавальної самостійності учнів [15], підвищенню інтересу до навчання та створенню сприятливих умов для їх творчої діяльності [10].

При створенні та проведенні віртуальних експериментів важливо дотримуватися певних вимог, щоб забезпечити максимальну подібність до реальних умов [52], [57]. Віртуальні експерименти мають імітувати роботу з реальними фізичними приладами та відображати реалістичну поведінку об'єктів у часі й просторі. Крім того, процес виконання роботи та обробка результатів не повинні суттєво відрізнятися від того, як це робиться під час реальних експериментів [26].

Як і в реальних умовах, під час віртуальних експериментів учні повинні стикатися з перехідними процесами, що включають, наприклад, необхідність витримки часу перед отриманням результатів [31]. Це дає можливість учням відчувати реалістичність процесу. Важливо також врахувати наявність випадкових помилок, які впливають на результати експерименту, що робить кожен експеримент унікальним і забезпечує різноманітність результатів, так само, як це було б у реальній лабораторії [17].

Існує два основних підходи до використання комп'ютерного моделювання у фізиці: застосування спеціалізованого програмного забезпечення або безпосереднє програмування [21]. Програмні інструменти, що використовуються для моделювання фізичних процесів, можна класифікувати як віртуальні фізичні лабораторії, *віртуальні фізичні світи*, *інструментальні середовища* та *засоби для математичного моделювання* [10].

Одним із ключових елементів сучасного навчання фізики, особливо в умовах дистанційного навчання, стає *відеоаналіз* як частина віртуального експерименту [20]. Цей підхід дозволяє учням вивчати фізичні явища шляхом аналізу відеозаписів реальних або змодельованих експериментів. Відеоаналіз дає змогу досліджувати рух тіл, вимірювати фізичні параметри, такі як швидкість, прискорення, та інші фізичні величини, і порівнювати отримані результати з теоретичними розрахунками [25]. Завдяки використанню спеціалізованого програмного забезпечення, такого як Tracker, Logger Pro або Phyphox, процес аналізу автоматизується, що дозволяє школярам отримати доступ до великого набору інструментів для точного дослідження фізичних процесів [22].

Віртуальні фізичні лабораторії також пропонують низку переваг [43]. Вони є зручними цифровими ресурсами, які дозволяють економити на витратах і підвищувати продуктивність навчання. Дослідники можуть використовувати віртуальні лабораторії будь-де, що особливо важливо в умовах дистанційного навчання, і вони поєднують зручність сучасних технологій із простотою використання [50].

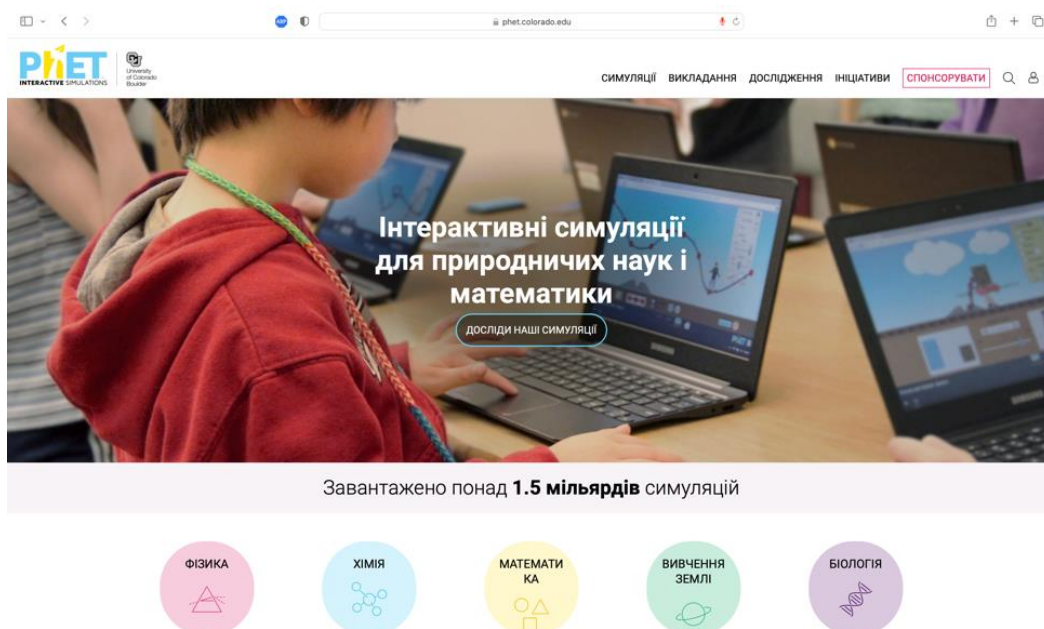


Рис. 1.2 Віртуальна лабораторія PhET.

Наприклад, PhET (Physics Education Technology) (рис. 1.2) - це набір

інтерактивних комп'ютерних симуляцій, що допомагають учням вивчати та досліджувати різноманітні фізичні явища та процеси. Більше інформації та доступ до симуляцій можна знайти на офіційному сайті PhET: <https://phet.colorado.edu/>.

Демонстрації PhET розроблені з використанням технологій Java та HTML5, що дає можливість проводити експерименти онлайн, завантажувати аплети на локальний комп'ютер [10], а також інтегрувати їх на веб-сторінки дистанційних курсів як віджетів. Усі ці можливості доступні на сторінці кожної демонстрації. Крім того, є можливість завантажити демонстрації та адаптувати їх під власні потреби, наприклад, переклавши їх на українську мову [32].

Усі експерименти PhET є інтерактивними. Інтерфейс віртуальних лабораторних робіт розроблений таким чином, щоб бути зрозумілим і доступним навіть для користувачів без спеціальних знань та навичок.

Віртуальні лабораторії включають одне або кілька завдань і всі необхідні елементи для їх виконання. Основною метою демонстрацій є візуалізація та пояснення явищ, а не тестування знань і навичок користувача [35].

Віртуальні фізичні світи є одним із видів програмного забезпечення, що дозволяє створювати власний фізичний світ і досліджувати поведінку об'єктів у ньому [10]. На відміну від віртуальних фізичних лабораторій, де експерименти проводяться в межах суворо визначеного програмного середовища, віртуальні світи надають користувачам повну свободу конструювання. У них можна самостійно задавати фізичні параметри, константи, об'єкти та сили, що діють на них, і вивчати, як ці тіла поведуться в різних умовах [31].

Одним із популярних програмних засобів для створення таких віртуальних світів є Interactive Physics 2000 (рис.1.3) - це інтерактивний двовимірний емулятор фізичного світу, який дозволяє створювати моделі механічних явищ у двовимірному просторі без необхідності

програмування. Моделі створюються шляхом малювання об'єктів за допомогою комп'ютерної миші, а в користувача є широкий набір інструментів для формування тіл довільної форми, зв'язків, вимірювачів та регуляторів. Також можна налаштовувати параметри середовища та створювати силові поля, що дозволяє досліджувати широкий спектр фізичних явищ. Більше інформації можна знайти на офіційному сайті: <https://www.ghsvideo.com/interactive-physics/>.

За допомогою Interactive Physics 2000 користувач може моделювати різноманітні фізичні процеси, такі як рух часток, пружин, твердих тіл, деформації, а також досліджувати взаємодію гравітаційних і кулонівських сил [29].

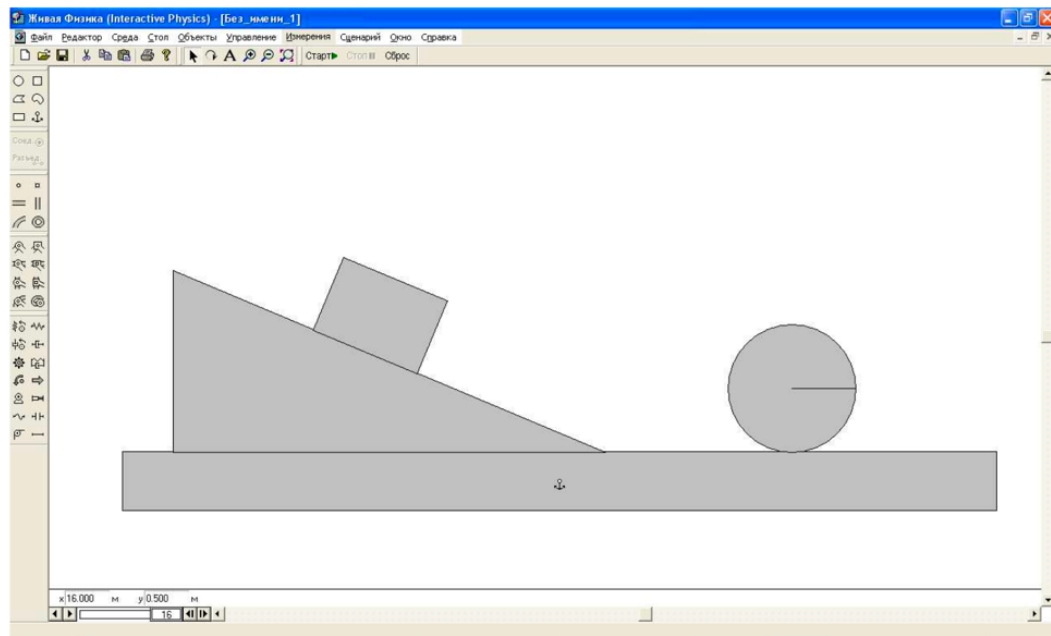


Рис. 1.3. Інтерфейс програми Interactive Physics 2000.

Спеціалізовані інструментальні середовища - це програмні засоби, які призначені для моделювання і надають можливості навчального конструювання за допомогою готових базових моделей [36]. До таких середовищ можна віднести програми для автоматизованого проектування електронних схем, такі як Proteus, NI Multisim, Micro-Cap та інші. Ці програмні інструменти дозволяють створювати електричні схеми за допомогою графічних редакторів, надаючи можливість редагувати параметри

компонентів, з'єднувати елементи та аналізувати їх взаємодію [32].

За допомогою таких середовищ можна підключати віртуальні прилади, такі як генератори, осцилографи та інші вимірювальні пристрої, що забезпечує зручність у формуванні сигналів і зчитуванні результатів [39]. У цих інструментальних середовищах можливе моделювання як аналогових, так і цифрових, а також комбінованих (аналогово-цифрових) пристроїв. Це робить їх надзвичайно корисними для інженерних і навчальних завдань, особливо у сфері електроніки та схемотехніки, дозволяючи учням і фахівцям ефективно працювати з різноманітними електронними схемами у віртуальному середовищі, що наближає процес навчання до реальних умов [55].

Чисельне моделювання фізичних явищ є важливою основою комп'ютерного моделювання фізичних процесів. За своєю суттю чисельний експеримент нагадує розв'язування задач і має з ним багато спільних рис. Однією з основних переваг чисельного моделювання над імітаційним є його здатність глибше проникати у суть фізичних явищ [32]. Це досягається через інтерпретацію отриманих числових результатів або побудованих графіків, що дає змогу більш точно вивчати і розуміти динаміку процесів.

Для проведення чисельного моделювання, виконання складних розрахунків, а також побудови графіків і діаграм, зазвичай використовуються спеціальні програмні пакети, такі як MatLab, MathCad, Mathematica. Ці програми створені для математичних розрахунків і дозволяють працювати як з числовими даними, так і з аналітичними рівняннями, що стосуються різних галузей науки, включаючи фізику, інженерію та інші точні науки. Вони є важливими інструментами для аналізу фізичних процесів, оскільки дозволяють користувачам моделювати і досліджувати складні системи, що часто неможливо зробити за допомогою традиційних методів [9].

1.3. Теоретичні основи використання відеоматеріалів у фізичних лабораторних заняттях.

Відеоматеріали стали невід'ємною частиною сучасного навчального процесу, пропонуючи нові можливості для візуалізації складних фізичних явищ. Вони дозволяють школярам спостерігати експерименти та процеси, які важко або неможливо відтворити в класичних лабораторних умовах [20]. Зокрема, у фізиці відеоматеріали можуть допомогти більш точно і наочно продемонструвати принципи динаміки, оптики, електромагнетизму тощо. Проведення досліджень у цій галузі вказує на те, що використання відеоматеріалів сприяє кращому засвоєнню матеріалу, підвищенню мотивації учнів та розвитку їхніх аналітичних навичок [14].

Сучасна освітня практика свідчить, що використання навчальних відеоматеріалів є доцільним і ефективним методом у навчальному процесі. Оскільки слуховий та зоровий аналізатори є основними каналами сприйняття інформації [13], відео забезпечує більш глибоке та швидке засвоєння матеріалу. Завдяки інтеграції візуального та аудіального елементів, застосування відео в навчанні дозволяє здобувачам освіти краще розуміти та запам'ятовувати до 65% поданої інформації, що значно перевищує ефективність багатьох традиційних методів.

Крім того, відеоматеріали сприяють розвитку комунікативних навичок і стимулюють активну взаємодію під час навчального процесу. У сучасному цифровому середовищі існує велика кількість програмних продуктів для створення навчальних відео, які дозволяють урізноманітнити подачу матеріалу [40]. Такі інструменти пропонують широкий спектр можливостей - від створення анімованих презентацій до розробки оригінальних сценаріїв та різноманітних сюжетних ліній, що робить навчання не лише ефективним, а й цікавим для здобувачів освіти [15].

У ході анонімного опитування серед першокурсників Київського університету імені Бориса Грінченка, проведеного на тему «Форми подання навчального матеріалу» [15], було виявлено, що більшість студентів

висловлюють позитивне ставлення до використання відео в освітньому процесі (рис. 1.4). Респонденти відзначили важливість активного створення та застосування відео-матеріалів викладачами для покращення якості навчання.

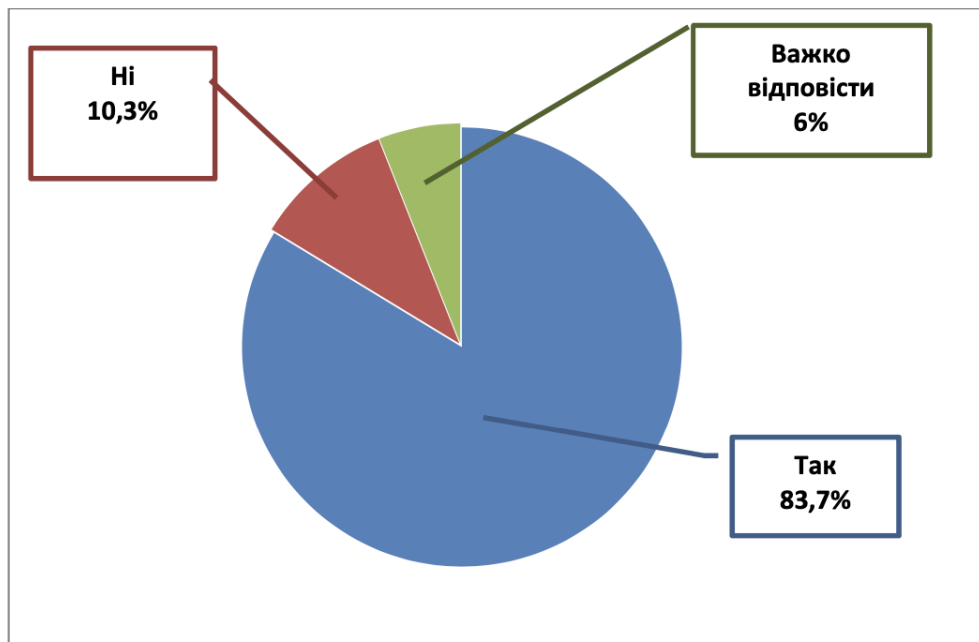


Рис. 1.4. Бажання студентів щодо створення та використання навчальних відео викладачами.

Студенти виявили найбільше зацікавлення в використанні відео для дистанційного навчання, самостійної роботи, а також для інструкцій до лабораторних робіт (рис. 1.5) [15].

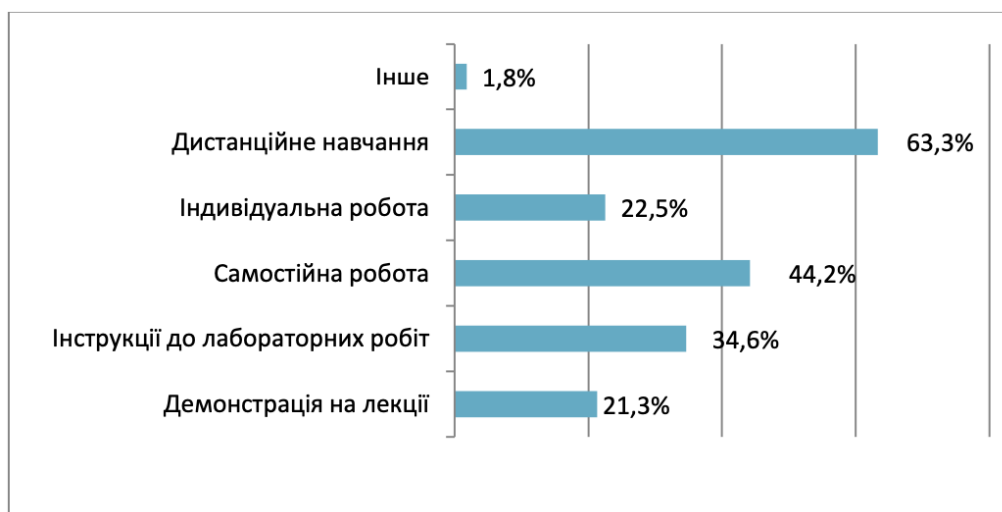


Рис. 1.5. Види навчальної діяльності, на яких доцільно використовувати відео в навчальному процесі.

На думку опитаних здобувачів освіти, матеріал у формі відео та динамічних ілюстрацій сприяє кращому сприйняттю та засвоєнню. Лише 6,3% учасників опитування відзначили, що ефективно засвоюють матеріал, поданий у текстовому форматі (рис.1.6) [15].

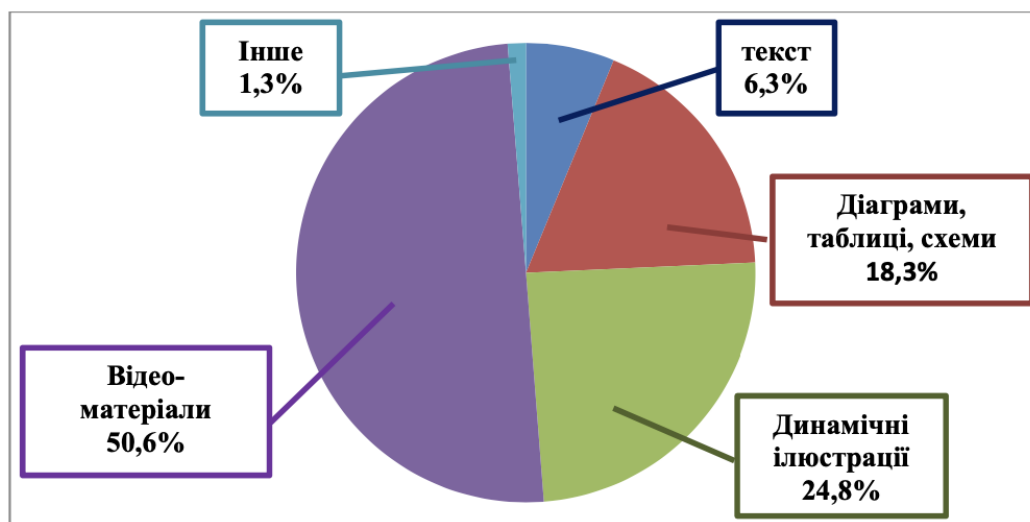


Рис. 1.6. Засвоювання навчального матеріалу студентами.

Дослідження показують, що здобувачі освіти виявляють більшу зацікавленість і мотивацію, коли мають можливість самостійно використовувати відеоматеріали під час навчання. Використання таких технологій у школі робить уроки не тільки інтерактивнішими, але й дає змогу учням відчувати себе дослідниками, які активно залучені до освітнього процесу [42]. Наприклад, самостійний аналіз відеофрагментів з експериментами розвиває аналітичне мислення, покращує розуміння фізичних законів і стимулює бажання глибше опановувати матеріал.

Основними етапами роботи з відеоматеріалами (за А. В. Хуторським) є [14]:

- *Перший етап.* Учитель повинен ще до заняття визначити мету та структуру уроку, а також підібрати відповідні дидактичні засоби [25].
- *Другий етап.* Учитель створює емоційний та діловий фон для перегляду відеофрагменту, коротко пояснюючи його зміст. Далі формулює завдання та організовує сприйняття матеріалу учнями.

- *Третій етап.* Учитель формує глядацьку культуру учнів, використовуючи різні методи активізації сприймання відео, такі як стоп-кадр [27], щоб акцентувати увагу на важливих моментах, або повторний перегляд фрагментів для уточнення відповідей на запитання.

- *Четвертий етап.* Організація індивідуального або групового виконання вправ із наступним коментуванням.

Застосування поетапного підходу до використання відеоматеріалів у навчанні фізики дозволяє максимально ефективно інтегрувати ці ресурси в освітній процес [30]. Кожен з етапів, від підготовки уроку до аналізу та рефлексії, відіграє важливу роль у забезпеченні глибокого розуміння матеріалу та розвитку в учнів навичок самостійної роботи. У результаті, використання відеоматеріалів і відеоаналізу стає невід'ємною частиною сучасного навчального процесу, яка відповідає викликам сьогодення та потребам учнів [45].

Школярі все більше проявляють зацікавленість у використанні відеоматеріалів під час навчання, що підтверджують результати різних досліджень. Можливість самостійного перегляду і аналізу відеофрагментів дає їм відчуття контролю над процесом навчання, дозволяючи глибше зрозуміти матеріал і закріпити знання на практиці [54]. Такі методи не тільки підвищують інтерес до вивчення фізики, але й сприяють розвитку ключових навичок, таких як критичне мислення та вміння самостійно вирішувати проблеми. Відеоматеріали створюють інтерактивне навчальне середовище, де кожен учень може підібрати оптимальний для себе темп роботи і зосередитися на тих аспектах, які викликають найбільший інтерес [24].

Перехід до використання відеоаналізу у фізиці є логічним розвитком цього підходу. Відеоаналіз, як сучасний інструмент вивчення фізичних явищ, відкриває нові можливості для учнів [26]. Він дозволяє не лише спостерігати за експериментами, але й активно взаємодіяти з відеоматеріалом, аналізуючи його з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Завдяки відеоаналізу учні можуть детально вивчати процеси, що відбуваються на

екрані, виконувати точні вимірювання та робити висновки, ґрунтуючись на реальних даних. Це робить навчальний процес не тільки більш цікавим, але й науково обґрунтованим, наближаючи учнів до реальних методів наукового дослідження [19].

Застосування відеоаналізу у фізиці також дозволяє ефективно подолати обмеження традиційного лабораторного навчання. В умовах, коли проведення певних експериментів є складним або навіть неможливим через технічні чи фінансові обмеження, відеоаналіз стає альтернативою, яка забезпечує учням доступ до вивчення складних фізичних процесів. Використання таких інструментів, як Tracker, Logger Pro або інші аналогічні програми, дозволяє учням проводити повноцінні дослідження, отримувати та аналізувати дані, навіть якщо вони не мають доступу до реальної лабораторії.

Таким чином, відеоаналіз у навчанні фізики не тільки збагачує процес навчання, але й робить його більш доступним та інклюзивним для всіх учнів. Це підходить як для звичайних класів [29], так і для дистанційного навчання, де традиційні лабораторні заняття можуть бути недоступними. Використання відеоаналізу допомагає створити умови, за яких кожен учень, незалежно від обставин, має можливість оволодіти необхідними знаннями та навичками, що є важливим кроком у розвитку сучасної освіти.

Основні переваги відеоаналізу [30]:

- *Простота та зручність використання.* Програмне забезпечення є простим і зручним у використанні, що дозволяє здобувачам освіти вивчати та аналізувати рух об'єктів [12].

- *Точність вимірювань.* Зазвичай дані, отримані за допомогою програм для відеоаналізу, мають меншу відносну невизначеність, ніж традиційні методи лабораторних вимірювань [13]. Відстані вимірюються в пікселях, а потім масштабуються до реальних розмірів за допомогою об'єктів, довжину яких вже відомо.

- *Аналіз будь-яких фізичних процесів.* Відеоаналіз дозволяє досліджувати будь-які явища, зафіксовані на відео, і застосовувати комп'ютерні технології

для аналізу будь-яких експериментів, знятих на цифрові пристрої [17].

- *Доступність відеоматеріалів.* В інтернеті є багато відеоматеріалів, що демонструють механічні рухи, такі як запуски ракет, спортивні події або кіносцени. Учні можуть аналізувати ці відео, будувати графіки координат, швидкості, прискорення та енергії.

- *Можливість роботи у зручному місці.* Здобувачі освіти можуть виконувати відеоаналіз у будь-якому зручному місці, що підвищує їхню гнучкість у навчанні[14].

- *Порівняння рухів.* За словами Дж. Браяна, відеоаналіз дозволяє одночасно аналізувати більше одного об'єкта та порівнювати їх рухи в одній системі, що підвищує якість досліджень.

- *Фінансова доступність.* Відеоаналіз не вимагає складного обладнання і є доступнішим з фінансової точки зору порівняно з традиційними методами [12].

- *Аналіз швидкоплинних і довготривалих процесів.* Відеоаналіз дозволяє досліджувати як швидкоплинні, так і довготривалі процеси, незалежно від того, чи це спеціально зроблені записи, чи інші відеоматеріали.

Перший розділ досліджує важливість навчального експерименту для розвитку експериментальних навичок учнів у фізиці та його особливості в умовах сучасного навчання. Розглянуті різні елементи для проведення віртуальних навчальних експериментів з фізики, зокрема з акцентом на інтеграцію відеоаналітичних технологій, таких як програма Tracker. Окремо підкреслюється важливість відео у шкільному процесі, зокрема для підвищення точності вимірювань і спрощення збору даних.

РОЗДІЛ 2. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ TRACKER ПІД ЧАС ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

2.1. Програмне забезпечення для аналізу відеоматеріалів

Одна з перспективних технологій для організації дослідницької діяльності студентів у фізиці - це використання системи "Tracker". Цей інструмент дозволяє досліджувати фізичні явища на практиці, сприяючи розвитку креативного підходу, аналітичних здібностей та здатності застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних завдань. Завдяки застосуванню "Tracker" для відеоаналітики, учні можуть здійснювати точні вимірювання фізичних величин, спрощувати обчислення та отримувати наочні результати, що сприяє кращому засвоєнню фізичних концепцій [25].



Рис. 2.1. Логотип програми Tracker.

Tracker (рис. 2.1) – це безкоштовне програмне забезпечення, спеціально розроблене для візуалізації та аналізу руху об'єктів на відео (рис.2.2).

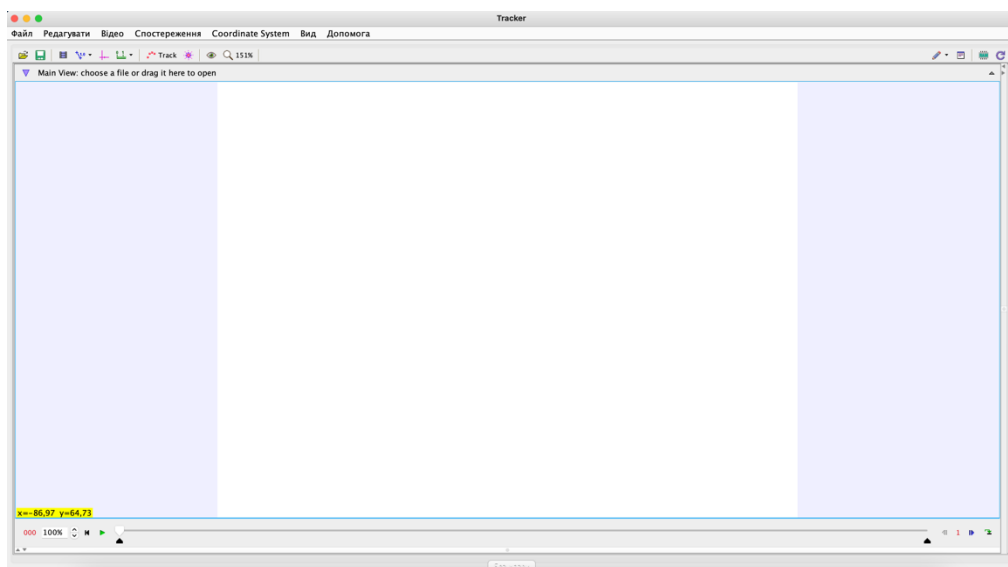


Рис 2.2. Інтерфейс програми Tracker.

Ця програма має широкий спектр застосувань, зокрема у фізиці, де вона використовується для вивчення різних аспектів руху тіл, аналізу експериментів і створення віртуальних моделей фізичних явищ (рис.2.2) [41]. Ознайомитись з програмним забезпеченням можна на офіційному сайті: <https://physlets.org/tracker/>.

Tracker працює на основі Open Source Physics (OSP) Java framework і підтримує широкий спектр відеоформатів, таких як mp4, avi, wmv та інші. Користувачі можуть використовувати різні відеофільтри, налаштовувати систему координат, а також експортувати дані для подальшого аналізу [42].

Програма Tracker має декілька особливостей, які роблять її потужним інструментом для аналізу фізичних процесів [20]:

- *Відстеження руху* у Tracker є однією з основних функцій програми. Є декілька варіантів: ручне або автоматичне відстеження, визначення центру мас та інтерактивні вектори. В разі ручного, користувачі самостійно обирають позицію об'єктів у кожному кадрі відео. Такий вид відстеження корисний, коли потрібна висока точність. Також Tracker може визначати центр мас системи тіл [11]. Під час аналізу руху можна додавати графічні вектори, які вказують напрямок і величину швидкості тіла.

- *Моделювання* є ще однією функцією Tracker. У програмі можна створювати кінематичні та динамічні моделі матеріальних точок і двотілових систем [12].

- *Генерація та аналіз даних*. Tracker дозволяє обрати власну систему відліку, серед інструментів є декілька варіантів калібрування (лінійки, точки, зміщений початок координат) [38]. У програмі можна будувати графіки та аналізувати дані, використовуючи автоматичну та ручну підгонку кривих.

Принцип дії програми Tracker полягає в наступному: на першому етапі відеозапис руху тіла або взаємодії кількох тіл завантажується в програму. Для калібрування відстаней на відео має бути присутня лінійка або інший об'єкт, довжина якого відома [11]. Наступним кроком є встановлення масштабу відеозображення, що здійснюється через меню програми, де

користувач наводить калібрувальний відрізок на відповідні поділки лінійки. Спочатку йому приписується довжина 100 у. о., яку можна перевести в реальні одиниці.

Після завантаження відео у програму Tracker користувач встановлює систему координат, яку можна розташувати відповідно до відео зображення. На наступному етапі визначаються символи для позначення тіл, що беруть участь у дослідженні, а також вводяться значення їхніх мас [25].

Наступним етапом у програмі Tracker є вибір частоту кадрів відео, що має ключове значення для дослідження взаємодії тіл, особливо під час їх зіткнень [37]. Це дозволяє отримати точні дані про механічний стан тіл до і після зіткнення. Після вибору частоти, користувач має зафіксувати положення тіла в кожному кадрі за допомогою клавіші Shift і курсору.

Під час цих дій у програмі автоматично формується таблиця з даними про залежність фізичних величин від часу. Програма дозволяє досліджувати широкий спектр фізичних параметрів, таких як координати, швидкість, прискорення, імпульс, їхні проекції на осі координат, кути між векторами та кутові швидкості [53].

Крім цього, Tracker дозволяє будувати вектори фізичних величин і траєкторії руху тіла на відеозображенні. Є також функція графічного аналізу залежностей величин від часу, що спрощує процес візуалізації.

Програма використовує алгоритм для обчислення миттєвих значень фізичних величин, який базується на середніх значеннях сусідніх кадрів за малий проміжок часу. Наприклад, миттєва швидкість розраховується на основі трьох координат тіла, а прискорення – на основі п'яти координат [11].

Для аналізу відео також використовується програма Kinovea.

Kinovea (рис. 2.3) - це безкоштовна програма для відеоаналізу, спеціально розроблена для аналізу руху та спортивних технік.

Вона має ряд функцій, що роблять її корисною для наукових досліджень, навчання та практики, особливо в областях фізики та фізичної освіти.



Рис. 2.3. Логотип програми Kinovea.

Основною перевагою Kinovea є легкість у використанні та можливість проведення аналізу без використання фізичних датчиків (рис. 2.4). Крім того, вона є безкоштовною і може використовуватися для вимірювань у процесі реабілітації. Програмне забезпечення Kinovea доступне для завантаження через офіційний вебсайт за адресою: <https://www.kinovea.org/>.

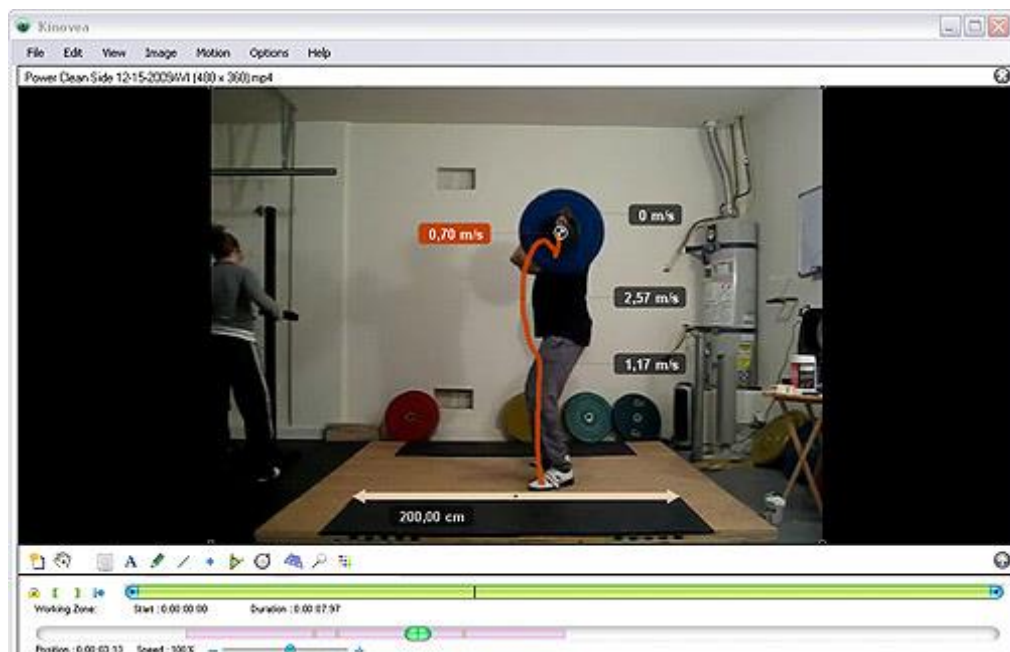


Рис. 2.4. Інтерфейс програми Kinovea.

Основними функціями Kinovea є те, що можна вимірювати відстань і кути на відео, автоматичне створення графіків для аналізу руху, швидкості та інших параметрів [21]. Програма є простою у використанні, інтерфейс зручний і дозволяє швидко опанувати функції програми. Як і Tracker, Kinovea має кадровий аналіз для точного визначення моменту руху, підтримує різні формати відео.

Програма Kinovea орієнтована на більш практичний відеоаналіз і безпосередньо спортивні дослідження, загалом її можна використовувати для

деяких фізичних досліджень. Для більш наукових та академічних цілей підійде Tracker, адже сама програма була розроблена, зокрема для наукового аналізу відео [30].

Окрім інструментів для відеоаналізу, таких як Kinovea та Tracker, існують і інші, які пропонують широкий набір функцій для збору й аналізу даних з фізичних експериментів [44]. Однією з таких програм є Logger Pro. На відміну від Kinovea, яка переважно орієнтована на аналіз рухів у відео, Logger Pro пропонує комплексний підхід, поєднуючи можливості відеоаналізу з інструментами для роботи з реальними фізичними даними, отриманими за допомогою сенсорів та датчиків [51].

Logger Pro (рис.2.5) - це потужне програмне забезпечення для збору, аналізу та візуалізації даних, отриманих під час проведення наукових експериментів.



Рис. 2.5. Логотип програми Logger Pro.

Створене компанією Vernier Software & Technology, воно широко використовується в освітніх установах, таких як школи та університети, для викладання природничих наук, зокрема фізики, хімії та біології (рис. 2.6). Однією з ключових переваг Logger Pro є його здатність інтегруватися з різноманітними сенсорами та датчиками, що дозволяє автоматично збирати дані в реальному часі, полегшуючи проведення експериментів і покращуючи точність результатів [17]. Доступ до програмного забезпечення Logger Pro можна отримати на офіційному сайті: <https://www.vernier.com/product/logger-pro/>.

Зібрані дані можна миттєво аналізувати, використовуючи багатий набір інструментів, що включає побудову графіків, обчислення похідних,

інтегралів, та інші математичні операції. Програма також надає можливість візуалізувати дані у вигляді графіків [13], діаграм та таблиць, що значно полегшує їхній аналіз і допомагає учням краще зрозуміти фізичні процеси, що відбуваються під час експериментів.

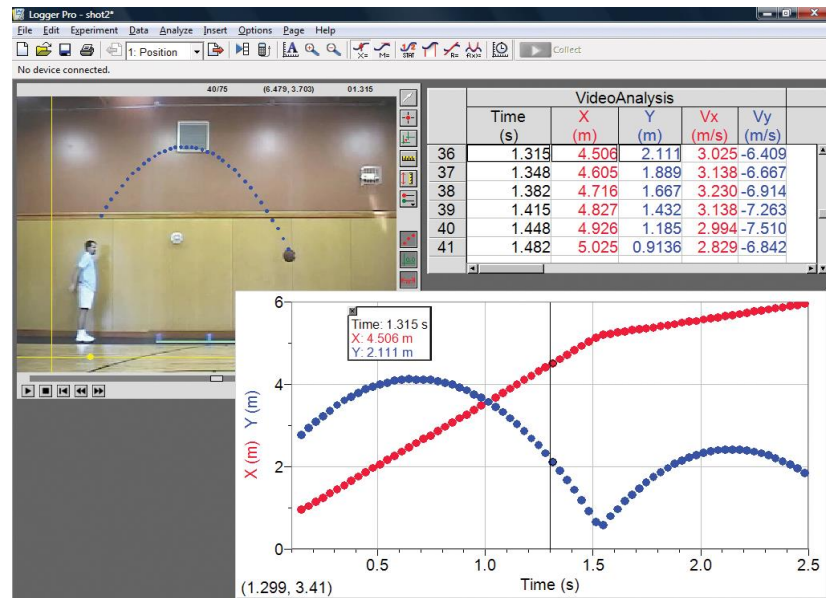


Рис. 2.6. Інтерфейс програми Logger Pro.

Окрім цього, Logger Pro підтримує функцію відеоаналізу, яка дозволяє детально аналізувати рухи об'єктів на відео, розраховувати швидкість, прискорення та інші параметри, що є особливо корисним для вивчення механіки. Усе це робить Logger Pro незамінним інструментом для навчання і досліджень у галузі фізики та інших природничих наук [22].

Головні характеристики Logger Pro [24]:

1. Автоматичне розпізнавання датчиків у Logger Pro значно полегшує налаштування програми [29]. Коли датчики підключені до комп'ютера, програма автоматично визначає їх і дозволяє швидко розпочати збір даних без необхідності вручну налаштовувати кожен пристрій.

2. Logger Pro підтримує збір даних в реальному часі з численних датчиків та пристроїв, що дозволяє проводити моніторинг змін під час виконання експериментів[37].

3. Користувачі можуть створювати графіки та прогнози перед початком збору даних, що допомагає в плануванні експерименту.

4. Програма надає кілька режимів збору даних, що дозволяє адаптувати програму під конкретні умови експерименту. Це включає режими збору даних на основі часу, подій, досягнення заданих значень, проходження через фото-ворота, а також за вимірюванням інтенсивності випромінювання [12].

5. Користувачі можуть вручну вводити дані для подальшого аналізу та побудови графіків [27], що розширює можливості дослідження.

6. Програма дозволяє імпортувати дані з інтерфейсів Vernier, що спрощує інтеграцію з іншими пристроями.

7. Logger Pro дозволяє розділяти графіки, таблиці та зображення на окремих сторінках, що полегшує їх аналіз і представлення [46].

8. Інструменти для перевірки значень та нахилів графіків, включаючи можливість використання дотичних, допомагають у точному аналізі даних.

9. Програма має функцію друку схем та графіків, що полегшує підготовку звітів та документації [47].

Використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів, таких як Logger Pro, Tracker, та Kinovea, значно розширює можливості навчального процесу, роблячи його більш інтерактивним і наближеним до реальних наукових досліджень. Завдяки цим програмам учні не лише спостерігають за експериментами, але й активно залучаються до процесу аналізу даних, що сприяє глибшому розумінню фізичних явищ [48]. Це підтверджує важливість інтеграції сучасних технологій у навчання, дозволяючи підвищити ефективність засвоєння знань і забезпечити учням доступ до передових методів досліджень, навіть у дистанційних умовах.

2.2. Особливості застосування Tracker для виконання лабораторних робіт з фізики

Віртуальні лабораторії пропонують чудову можливість для проведення фізичних експериментів у цифровому середовищі, дозволяючи школярам вивчати складні явища, які можуть бути небезпечними або складними для відтворення в реальних умовах [43]. Проте використання відеоматеріалів є

ще більш ефективним методом у лабораторних роботах, оскільки вони забезпечують живу демонстрацію реальних експериментів, даючи учням можливість спостерігати за процесами, які відбуваються в реальному часі. Відеоматеріали допомагають краще зрозуміти механізми проведення експериментів, а також дозволяють переглядати їх кілька разів, що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу. Таким чином, поєднання відеоматеріалів з традиційними та віртуальними лабораторіями значно підвищує ефективність навчання фізики [53].

Використання відео в навчальному процесі сприяє значному покращенню засвоєння матеріалу [35], оскільки воно полегшує сприйняття складних концепцій, робить навчання більш інтерактивним і мотивуючим. Відео забезпечує візуалізацію та наочність, що допомагає краще засвоїти абстрактні чи складні теми, а також сприяє індивідуалізації навчання, оскільки дозволяє кожному учню обирати зручний темп та спосіб навчання. Як результат значно підвищує інтерес до певної дисципліни [40].

Під час використання відеоматеріалів активізується увага та самоконтроль учнів; створюється наочна модель реальних явищ, яка сприяє суб'єктивному відкриттю нових фізичних фактів, закономірностей та інших важливих аспектів фізики [55].

Як показує практика, демонстраційні або навчальні експерименти, що мають на меті формування передумов для засвоєння законів механіки, часто стикаються з проблемами, незважаючи на відносну простоту самих механічних явищ [38]. Однією з основних труднощів є складність прямого вимірювання фізичних величин, таких як швидкість, прискорення, імпульс, кінетична енергія та інші, які характеризують механічний стан тіла [46]. Це завдання ускладнюється, коли необхідно досліджувати зміни цих величин у часі. Для ефективного виконання таких вимірювань потрібні спеціалізовані інструменти та методи, які дозволяють точно відслідковувати динаміку змін і проводити аналіз даних з високою точністю [11].

Усунути зазначені труднощі можна за допомогою сучасних

інформаційних технологій, які постійно розвиваються. Зокрема, потужним засобом організації навчального дослідження механічних явищ є їх відеозапис. Це дозволяє більш точно аналізувати та вивчати фізичні процеси, спостерігаючи за змінами величин у часі та отримуючи детальні дані для подальшого аналізу [19], проте методика його використання у навчальному процесі, мало розроблена.

У практичній частині лабораторних занять використання програмного забезпечення Tracker для відеоаналізу є потужним інструментом, який значно спрощує та покращує процес дослідження фізичних явищ. Tracker дозволяє учням зосередитися на аналізі даних, а не на складних процедурах вимірювання, надаючи точні результати за допомогою автоматичного трекування об'єктів на відео [23].

При проведенні лабораторних занять з використанням Tracker, учні можуть записувати відео експериментів, де досліджують різні фізичні явища, такі як рухи тіл, коливання [33], падіння і інші механічні процеси. Після запису відео програма дозволяє учням і викладачам проводити детальний аналіз, визначати швидкість, прискорення, відстань і інші параметри руху об'єктів. Важливою особливістю Tracker є можливість візуалізувати дані у вигляді графіків та діаграм [53].

Завдяки інтеграції Tracker у лабораторні заняття, учні отримують можливість виконувати експерименти в реальному часі, вивчати деталі руху об'єктів і порівнювати свої спостереження з теоретичними прогнозами [29]. Це сприяє активному навчальному процесу, де учні самостійно виконують аналіз і роблять висновки на основі реальних даних. Використання Tracker у лабораторних роботах також дозволяє заощаджувати час і ресурси, адже учні можуть повторювати експерименти без необхідності проводити фізичні повторення, що особливо корисно при обмежених ресурсах або в умовах дистанційного навчання [25].

2.3 Методичні особливості виконання лабораторних робіт з фізики на основі використання програм для аналізу відео

Для комплексного аналізу фізичних процесів, було проведено серію лабораторних робіт із застосуванням програми Tracker, спрямованих на дослідження властивостей коливальних систем. До кожної лабораторної роботи належать окремі експерименти, що охоплюють, зокрема, дослідження залежності періоду коливань пружини від маси вантажу та жорсткості пружини. Виконання цих лабораторних досліджень дозволило вивчити, як зміни у фізичних параметрах впливають на коливальні характеристики, а також перевірити правильність теоретичних розрахунків на основі емпіричних даних. Нижче наведено детальні описи кожної з лабораторних робіт, включаючи методологію, результати та аналіз, що підтверджують ефективність використання Tracker для навчальних цілей.

Лабораторна робота

Тема: Дослідження руху математичного маятника та визначення залежності періоду коливань від довжини нитки за допомогою програми Tracker

Мета роботи: Дослідити коливальний рух математичного маятника, визначити залежність періоду коливань від довжини маятника та перевірити відповідність теоретичних і експериментальних результатів.

Обладнання:

1. Математичний маятник (кулька, підвішена на нитці);
2. Секундомір;
3. Лінійка або вимірювальна стрічка;
4. Відеокамера або смартфон для запису коливань;
5. Комп'ютер з встановленою програмою Tracker.

Теоретичні відомості:

Математичний маятник - це матеріальна точка масою m , підвішена на невагомій нерозтяжній нитці довжиною l , що коливається під дією сили тяжіння. Період коливань маятника для малих амплітуд можна розрахувати

за формулою:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

де T - період коливань,

l - довжина маятника,

g - прискорення вільного падіння.

Хід роботи:

1. Закріпіть нитку завдовжки 65 см (0.65 м) із грузом і встановіть маятник у положення рівноваги. Потім відхиліть його на невеликий кут і відпустіть, щоб розпочати коливання. Запишіть відео коливань маятника.
2. Відкрийте програму Tracker і завантажте записане відео коливань маятника. Налаштуйте шкалу, вказавши довжину маятника (0.65 м).
3. У програмі Tracker відстежте рух маятника. Позначте початкову точку коливання та слідкуйте за рухом маятника протягом одного повного циклу (від мінімуму до мінімуму). Запишіть тривалість одного повного коливання (період).
4. Повторіть експеримент для маятника з ниткою довжиною 35 см (0.35 м).
5. За допомогою формули для періоду маятника розрахуйте теоретичні значення для кожної з довжин нитки.
6. Побудуйте графік залежності $T^2(l)$. Згідно з теоретичною формулою, залежність повинна бути лінійною.

Експериментальні дані:

У лабораторній роботі я використовувала програму Tracker для аналізу коливального руху маятника. Спершу потрібно налаштувати програму, створивши систему координат та позначивши початкову точку кріплення нитки. Вибір цієї точки дозволив точно відстежувати рух маятника по траєкторії. Програма автоматично запам'ятовує вибір початкової точки системи координат для подальших вимірювань і відстеження руху об'єкта (рис 2.7).

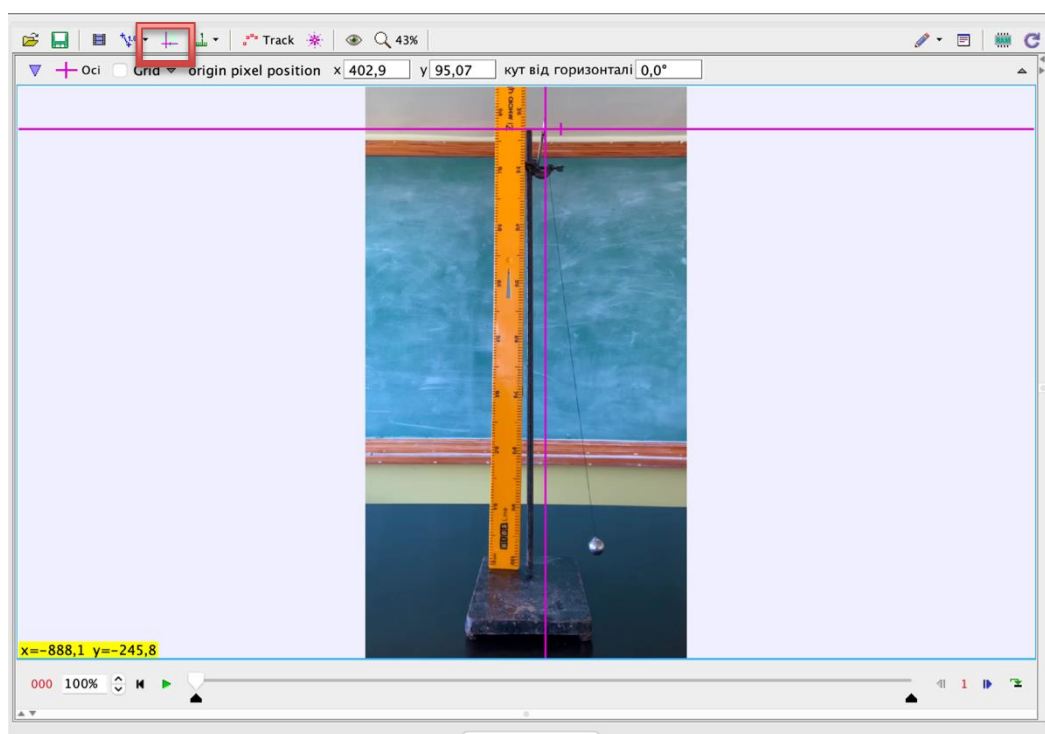


Рис. 2.7. Налаштування системи координат.

Наступним кроком було вибрати одиничний відрізок на відео для калібрування масштабу. Для цього я використала шкалу, що була відображена на самому відео, яка дозволила налаштувати програму Tracker для правильного визначення відстаней. Це калібрування забезпечило точність подальших вимірювань та аналізу коливань (рис. 2.8).

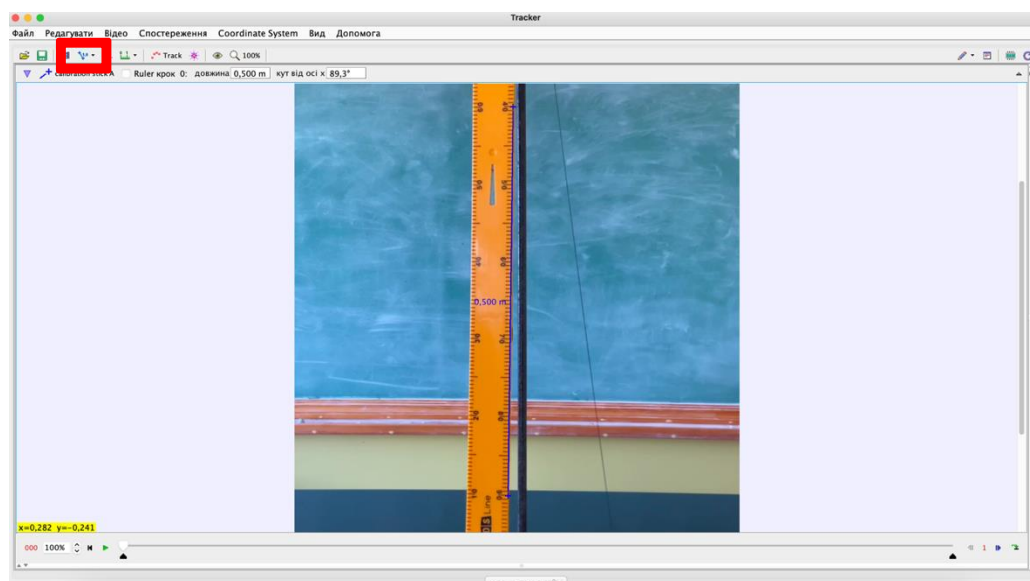


Рис. 2.8. Налаштування одиничного відрізка.

Після цього я обрала об'єкт дослідження - металеву кульку на нитці і відстежувала її рух за допомогою програми Tracker. Обираємо функцію RGB для визначення області, після чого затискаючи клавіші Shift + Ctrl потрібно обрати металеву кульку як об'єкт дослідження. Після цього з'явиться вікно відстеження, яке дозволяє налаштувати параметри відстеження об'єкта, а також переглянути попередній вибір та параметри його руху (рис 2.9).

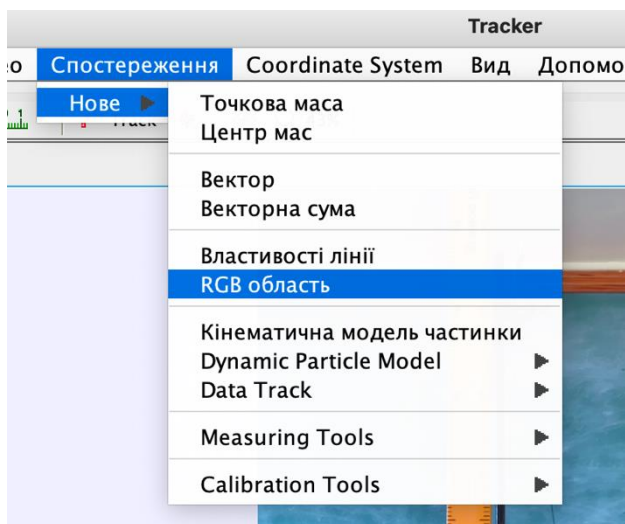


Рис. 2.9. Вибір функції RGB область.

Натискаємо Search (рис. 2.10).

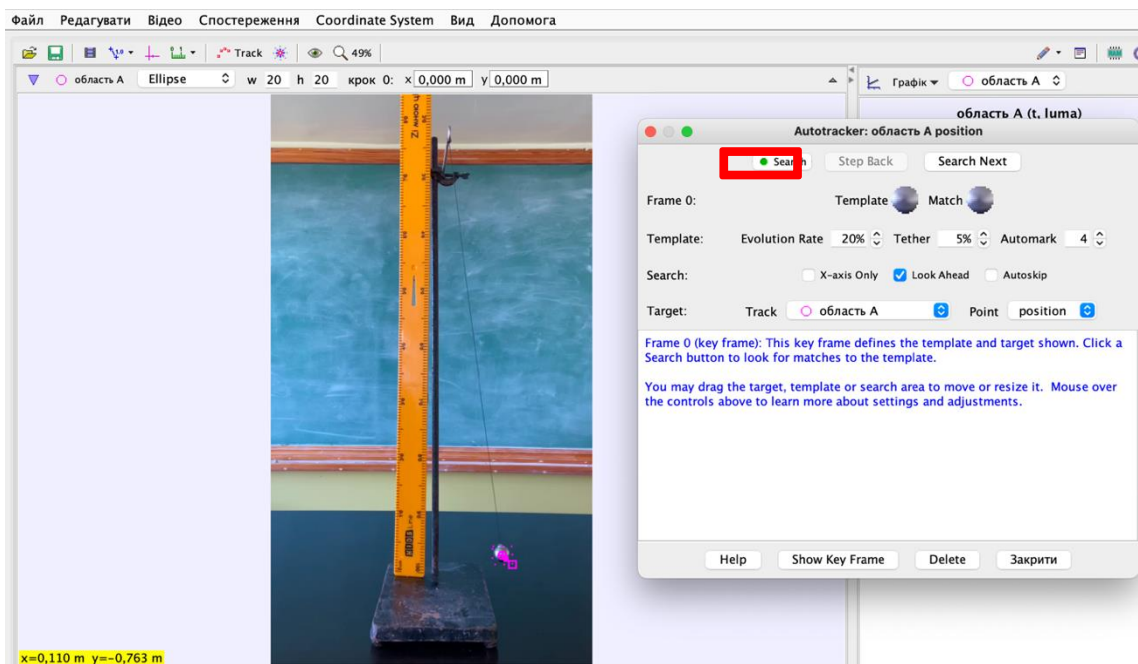


Рис. 2.10.

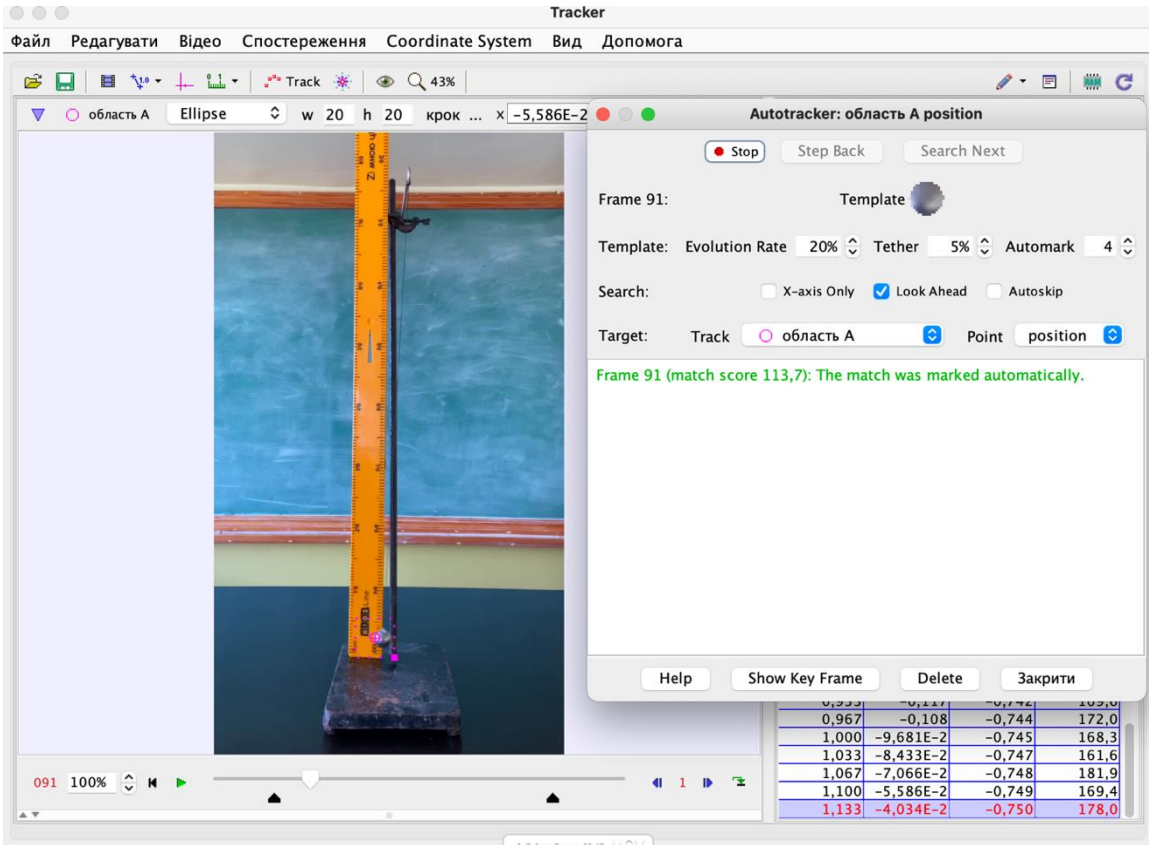


Рис. 2.11. Початок відстеження коливань.

Після завершення відстеження ми отримуємо графіки, що ілюструють зміни координат об'єкта у часі, а також можна побудувати графік амплітуди коливань (рис. 2.12). Ці графіки допомагають проаналізувати рух металевої кульки на нитці, визначити період коливань та інші характеристики.

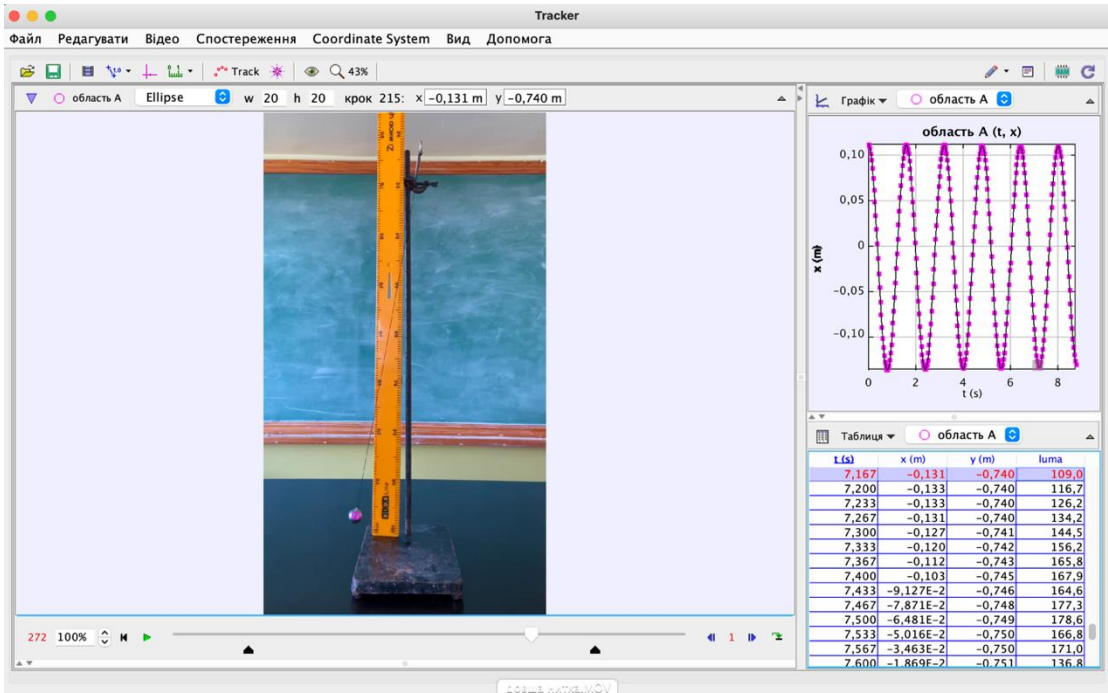


Рис. 2.12. Завершення відстеження коливань.

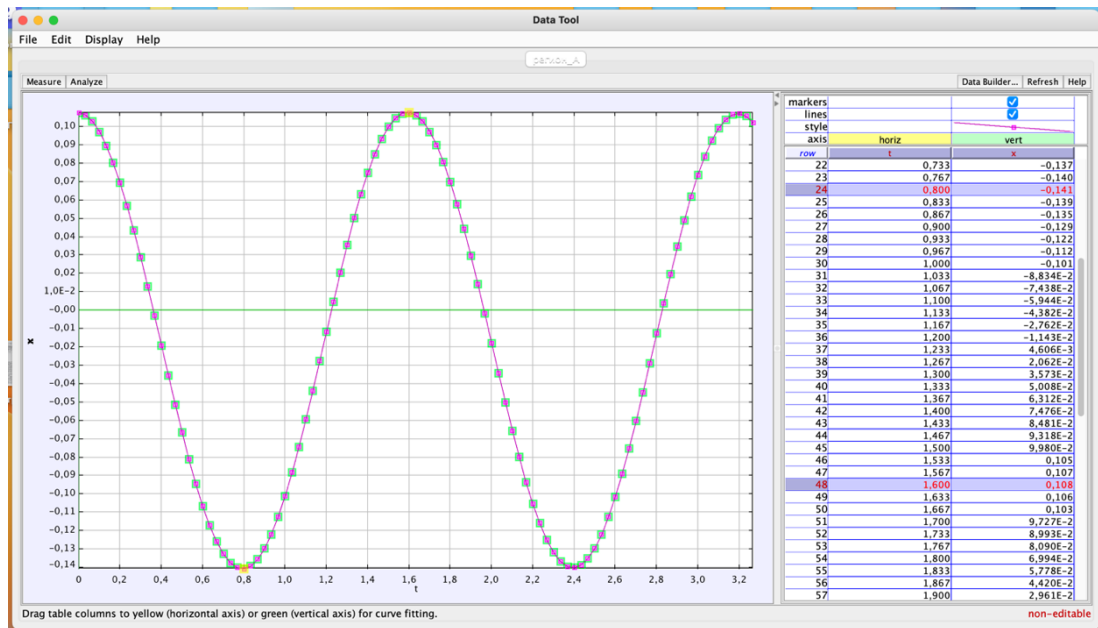


Рис. 2.13. Амплітуда коливань металевої кульки на нитці, довжиною 65 см.

Теж саме виконуємо для нитки 35 см та отримуємо графік амплітуди коливань (рис. 2.14).

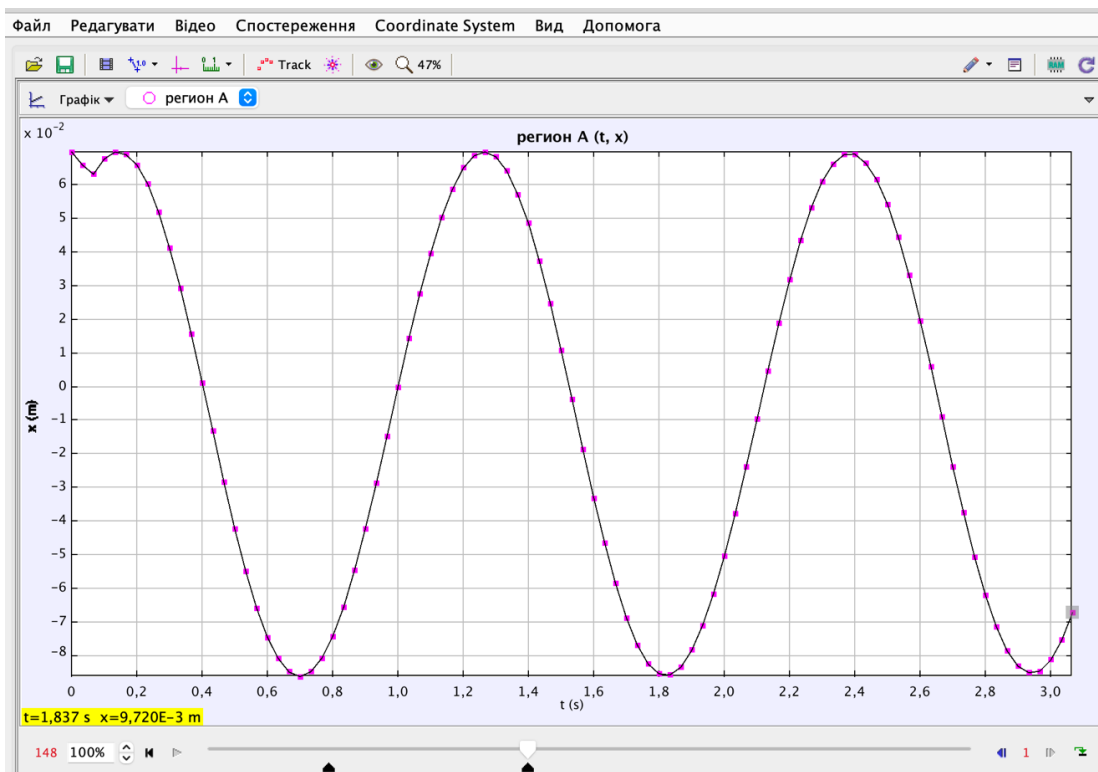


Рис. 2.14. Амплітуда коливань металевої кульки на нитці, довжиною 35 см.

У ході вимірювань, проведених за допомогою програми Tracker, ми

отримали дані для металевої кульки на нитці.

Для довжини нитки 65 см період коливань склав:

$$T_1 = 1,60 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,62 \text{ с}$$

$$T_3 = 1,63 \text{ с}$$

$$T_c = \frac{1,60+1,62+1,63}{3} = 1,62 \text{ с}$$

Для нитки, довжиною 35 см, період коливань склав:

$$T_1 = 1,14 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,17 \text{ с}$$

$$T_3 = 1,18 \text{ с}$$

$$T_c = \frac{1,14+1,17+1,18}{3} = 1,16 \text{ с}$$

Отже, результати вимірювань можна представити у таблиці, що відображає отримані значення періоду коливань для різних довжин нитки.

№	Довжина нитки, м	Період коливань, с	Середнє значення, с	$T^2, \text{с}^2$
1	0,65	1,60	1,62	2,62
2	0,65	1,62		
3	0,65	1,63		
1	0,35	1,14	1,16	1,35
2	0,35	1,17		
3	0,35	1,18		

Теоретичні розрахунки періоду коливань:

Для визначення періоду коливань маятника використано формулу:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Для нитки, довжиною 65 см:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0,65}{9,8}} \approx 1,61 \text{ с}$$

Для нитки, довжиною 35 см:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{0,35}{9,8}} \approx 1,18 \text{ с}$$

Аналіз даних:

Довжина нитки, м	Теоретичний період, с	Експериментальний період, с	Відхилення, с	Відносна похибка, %
0,65	1,61	1,62	0,01	0,62
0,35	1,18	1,16	0,02	1,69

$$\text{Відносна похибка} = \frac{\text{Відхилення}}{\text{Теоретичне значення}} \times 100\%$$

Для нитки, довжиною 65 см:

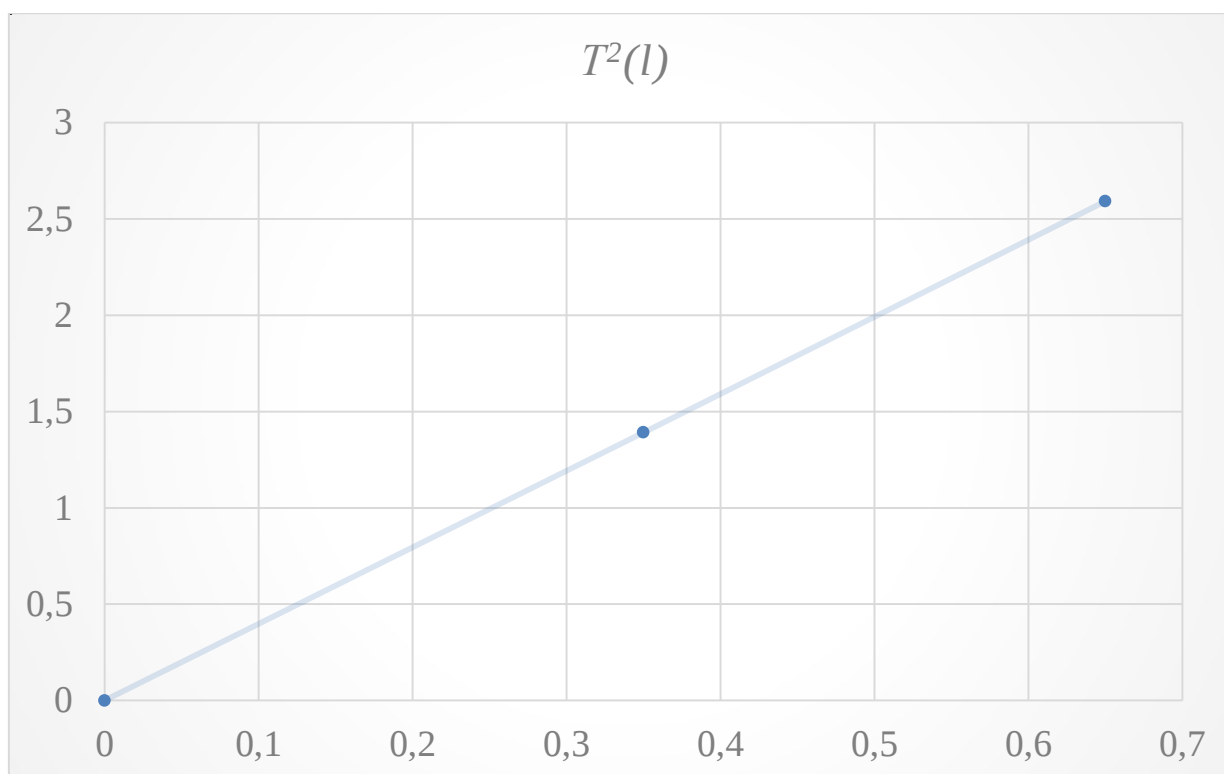
$$\text{Відносна похибка} = \frac{0,01}{1,61} \times 100\% = 0,62 \%$$

Для нитки, довжиною 35 см:

$$\text{Відносна похибка} = \frac{0,02}{1,18} \times 100\% = 1,69 \%$$

Маючи всі експериментальні дані, побудуємо графік залежності квадрата періоду коливань T^2 від довжини нитки l . Оскільки період математичного маятника теоретично залежить від довжини за формулою

$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, то квадрат періоду T^2 повинен лінійно залежати від довжини l .



Графік 2.1. Графік залежності квадрата періоду коливань математичного маятника від довжини нитки.

Висновок: У ході лабораторної роботи було досліджено залежність періоду коливань від довжини нитки. Експериментально визначено, що для довжини нитки 65 см період коливань становив 1,62 с, а для довжини 35 см - 1,16 с. Порівняння отриманих експериментальних значень з теоретичними розрахунками показало, що теоретичний період для 65 см становить 1,61 с, а для 35 см - 1,18 с.

Розрахована відносна похибка для періоду коливань нитки довжиною 65 см склала 0,62%, а для нитки довжиною 35 см - 1,69%. Це свідчить про високу точність експериментальних вимірювань і підтверджує правильність теоретичних прогнозів.

Графік залежності періоду коливань від довжини нитки також підтверджує отримані результати, що вказує на лінійний характер цієї залежності, що відповідає теоретичним основам коливальної механіки.

Розглянемо ще одну лабораторну роботу щодо дослідження коливання

тіла на пружині.

Лабораторна робота

Тема: Дослідження залежності періоду коливань пружини від маси вантажу та жорсткості пружини за допомогою програми Tracker.

Мета роботи: Визначити залежність періоду коливань пружини від маси вантажу та жорсткості пружини, а також проаналізувати отримані результати.

Обладнання:

1. Пружина;
2. Набір вантажів різної маси;
3. Секундомір;
4. Лінійка;
5. Відеокамера або смартфон для запису коливань;
6. Комп'ютер з встановленою програмою Tracker.

Теоретичні відомості:

Коливання пружини підкоряються закону Гука. Сила, що діє на вантаж масою m , підвішений на пружині жорсткістю k , є пропорційною зміщенню вантажу від положення рівноваги. Період коливань пружини можна визначити за формулою:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

де T - період коливань, m - маса вантажу, k - жорсткість пружини.

Завдання 1. Дослідження залежності періоду коливань пружини від маси вантажу

Хід роботи:

1. Підготувати необхідні матеріали: пружина з жорсткістю $k=14$ Н/м, важки з масою 300 г, 600 г, а також програмне забезпечення Tracker.
2. Закріпити пружину вертикально на столі так, щоб вона могла вільно коливатися.
3. Взяти першу масу (300 г) і прикріпити її до пружини. Залишити

достатньо простору для вільних коливань.

4. Запустити програму Tracker, налаштувати камеру для запису коливань пружини, щоб отримати чітке зображення руху.

5. Зафіксувати тривалість одного коливання, використовуючи програму Tracker. Виміряти час трьох коливань і розділити на три для отримання середнього значення.

6. Повторити процес для іншої маси, проводячи ті ж самі вимірювання.

7. Записати отримані результати у таблицю.

Експериментальні дані:

Для першого експерименту ми будемо досліджувати коливання пружини з вантажем вагою 300 грам.

Після відкриття відео в програмі Tracker необхідно вибрати початкові кадри для аналізу. Для цього слід визначити координатну систему, установивши точку, з якої починатиметься відлік (рис. 2.15). Наступним кроком є встановлення одиничного відрізка на відео, що також сприятиме забезпеченню точності подальшого відстеження руху вантажу під час коливань (рис.2.16).

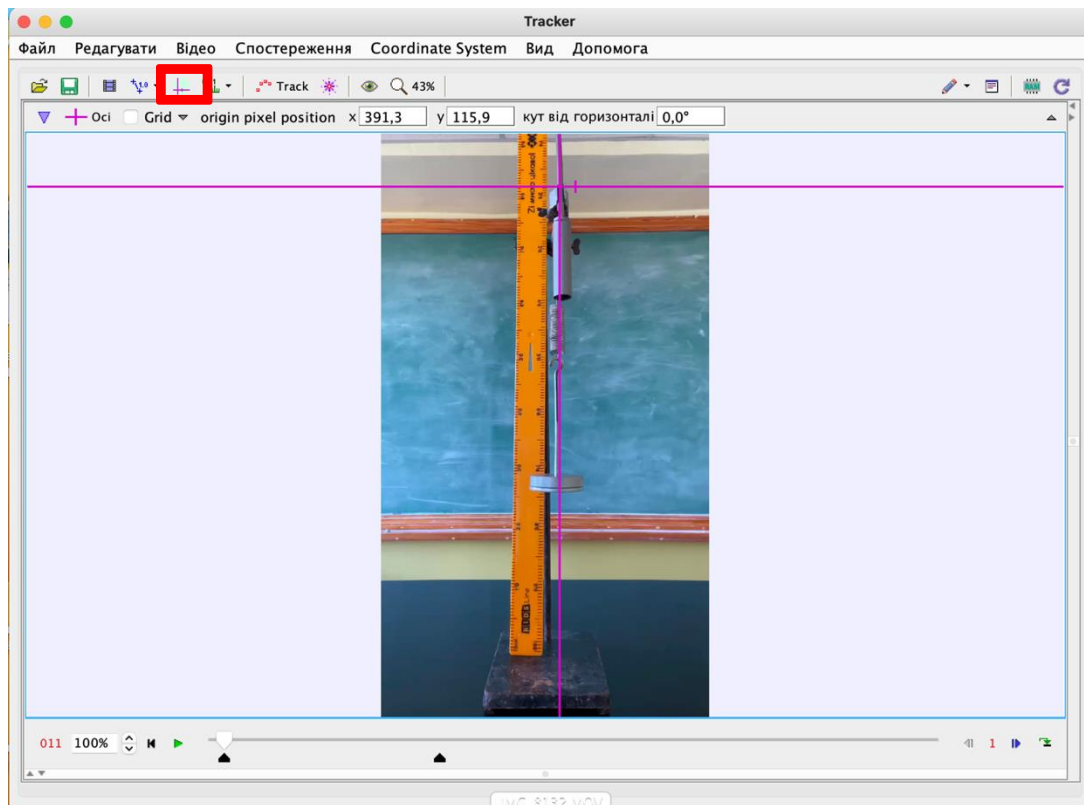


Рис. 2.15. Налаштування системи координат.

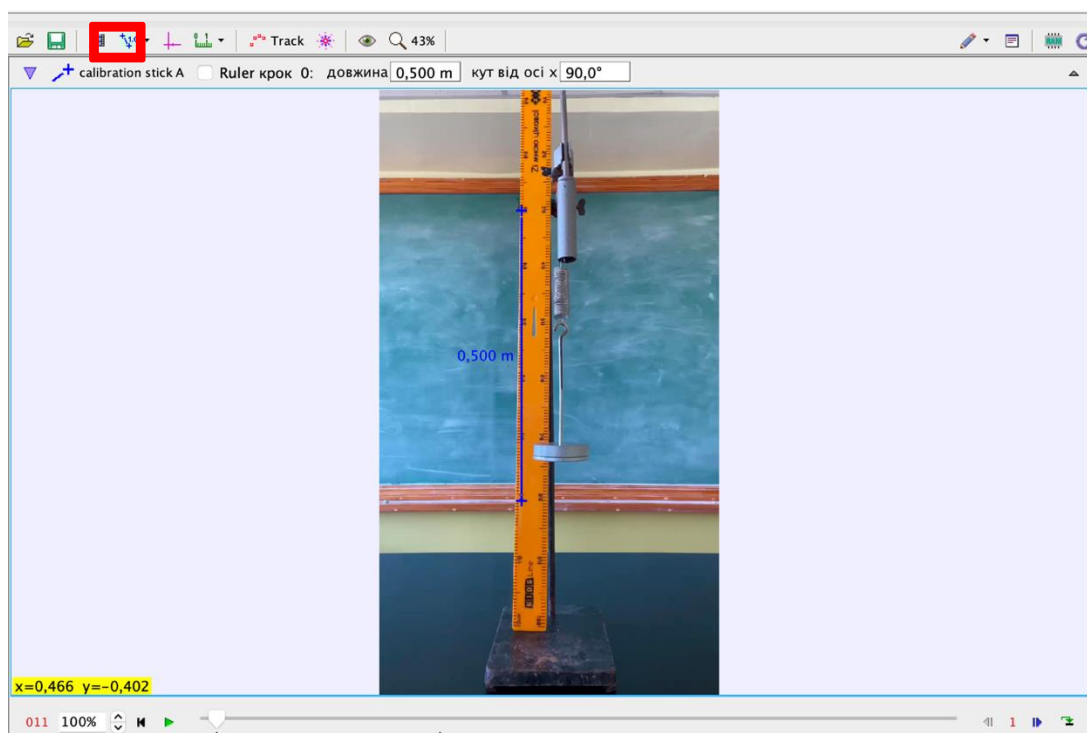


Рис. 2.16. Налаштування одиничного відрізка.

Для продовження аналізу необхідно обрати функцію RGB у програмі Tracker. Затискаючи клавіші Shift і Ctrl, потрібно виділити вантажі як об'єкт

дослідження. Це дозволить програмі фіксувати зміни кольору об'єкта в тривимірному просторі, що є важливим для точного відстеження їх руху під час коливань. Після вибору об'єкта з'явиться вікно відстеження, де можна налаштувати параметри відстеження для отримання коректних даних про амплітуду та період коливань.

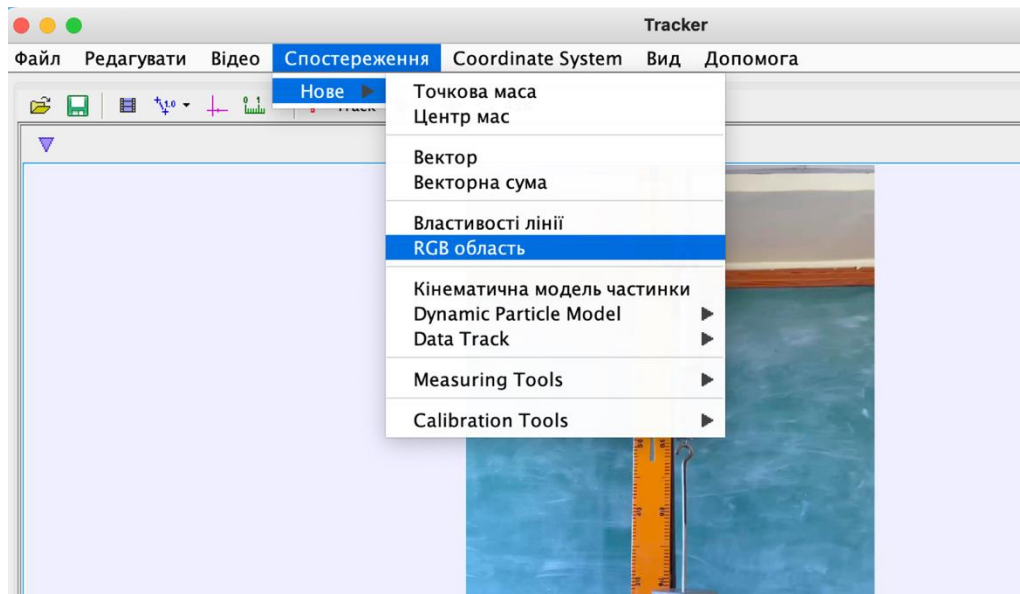


Рис. 2.17. Вибір функції RGB область.

Натискаємо Search (рис. 2.18).

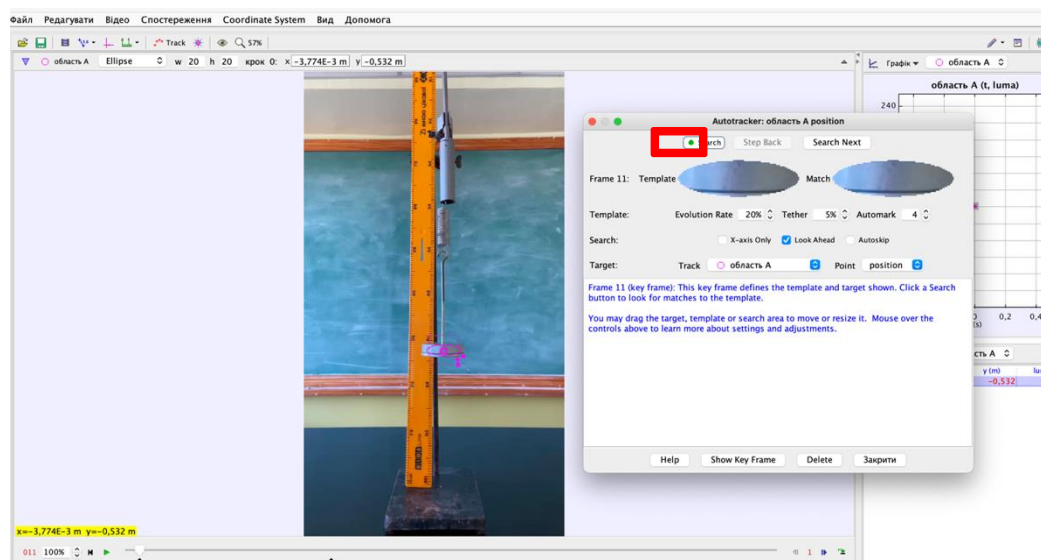


Рис. 2.18. Початок відстеження коливань.

Після чого отримуємо графік залежності періоду коливань пружини від маси вантажу (рис. 2.20):

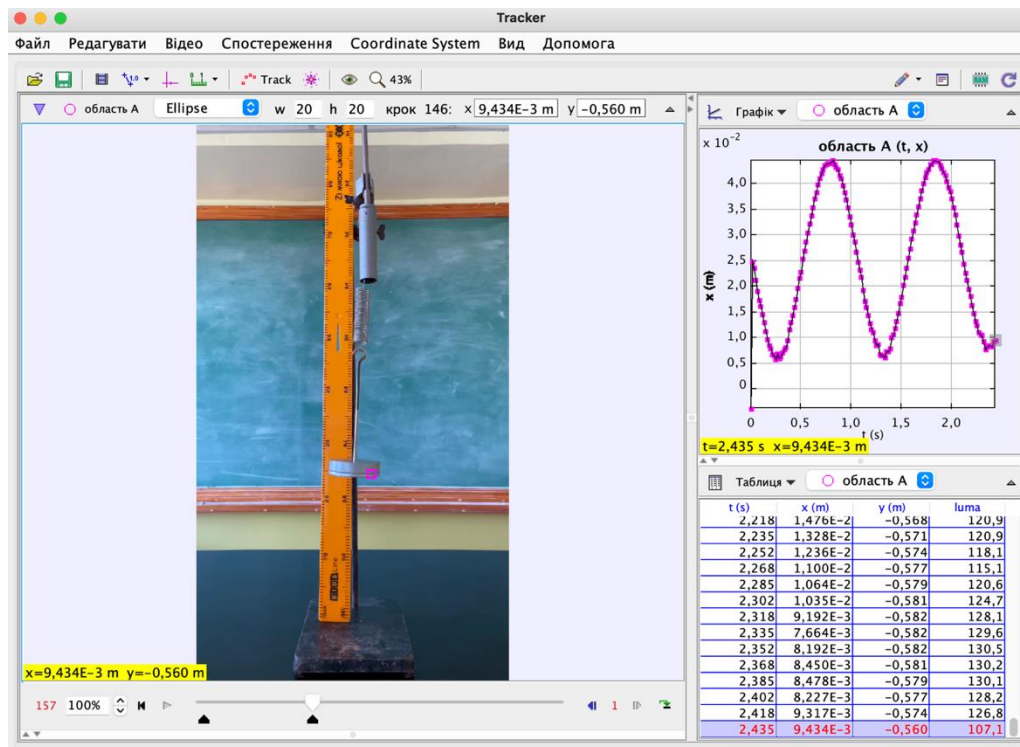


Рис. 2.19. Завершення відстеження коливань.

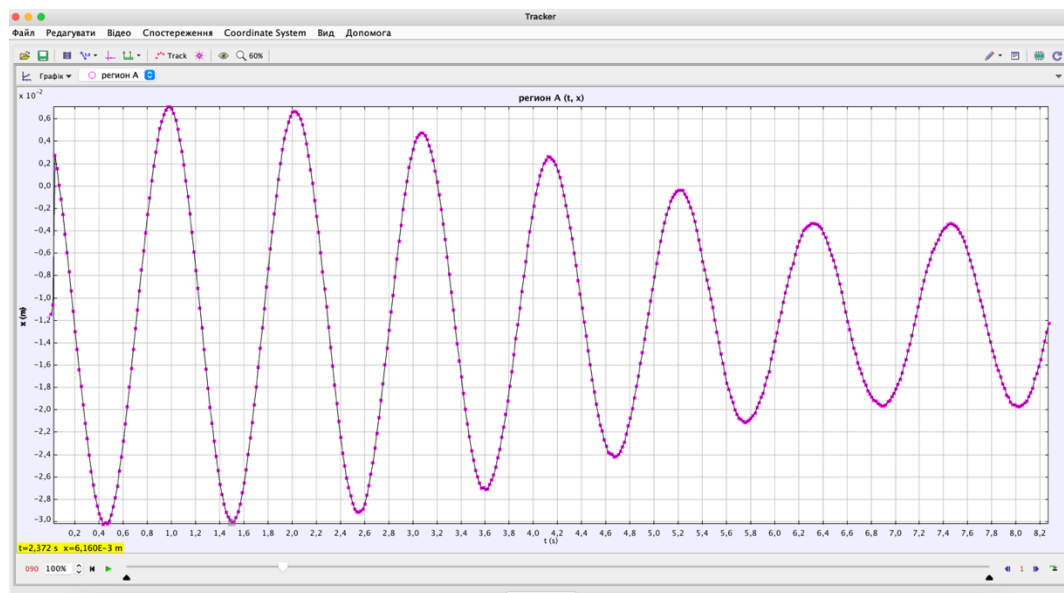


Рис. 2.20. Амплітуда коливань пружинного маятника, з жорсткістю пружини 14 Н/м та важком 300 г.

Те саме виконуємо і для вантажу, масою 600 грам. Отримуємо аналогічний графік для іншої маси (рис. 2.22):

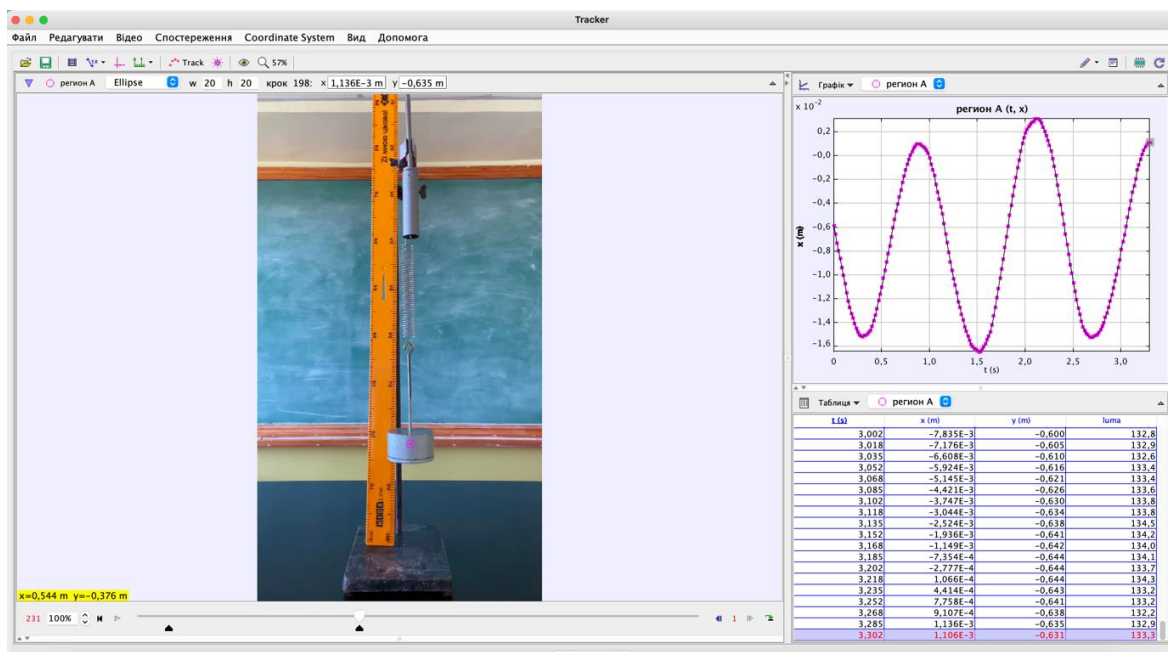


Рис. 2.21. Завершення відстеження коливань.

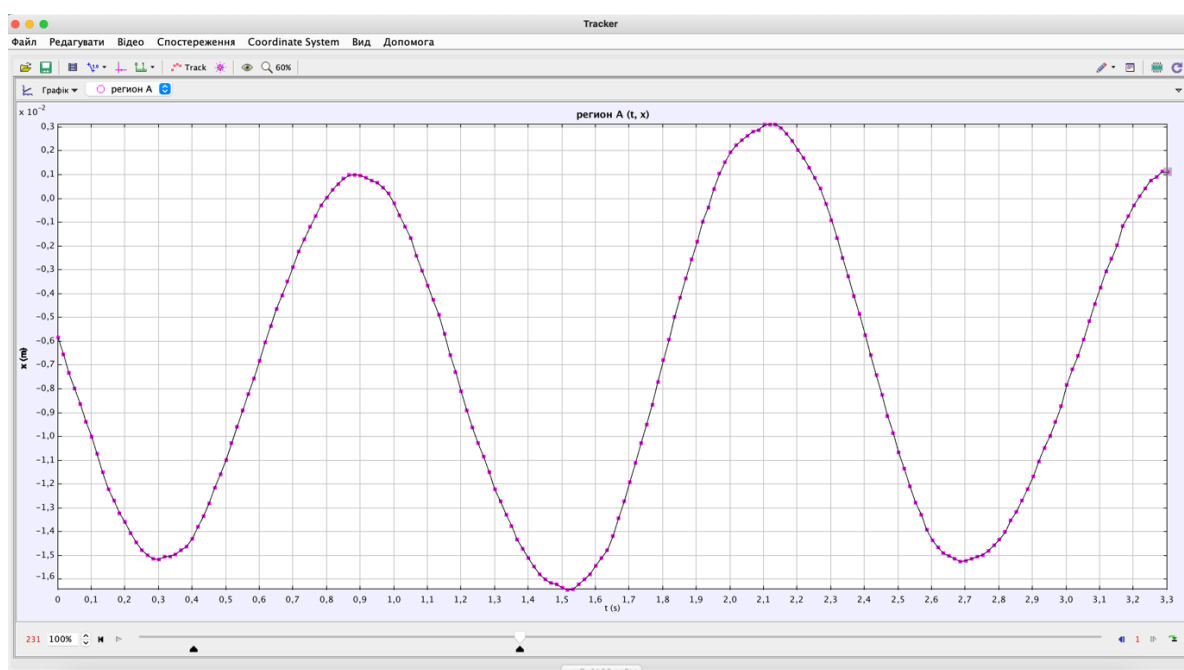


Рис. 2.22. Амплітуда коливань пружинного маятника, з жорсткістю пружини 14 Н/м та важком 600 г.

У ході вимірювань, проведених за допомогою програми Tracker, я отримала дані для вантажів на пружині.

Для вантажу, масою 300 г:

$$T_1 = 0,93 \text{ с}$$

$$T_2 = 0,91 \text{ с}$$

$$T_3 = 0,92 \text{ с}$$

$$T_c = \frac{0,93+0,91+0,92}{3} \approx 0,92 \text{ с}$$

Для вантажу, масою 600 г:

$$T_1 = 1,31 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,3 \text{ с}$$

$$T_3 = 1,29 \text{ с}$$

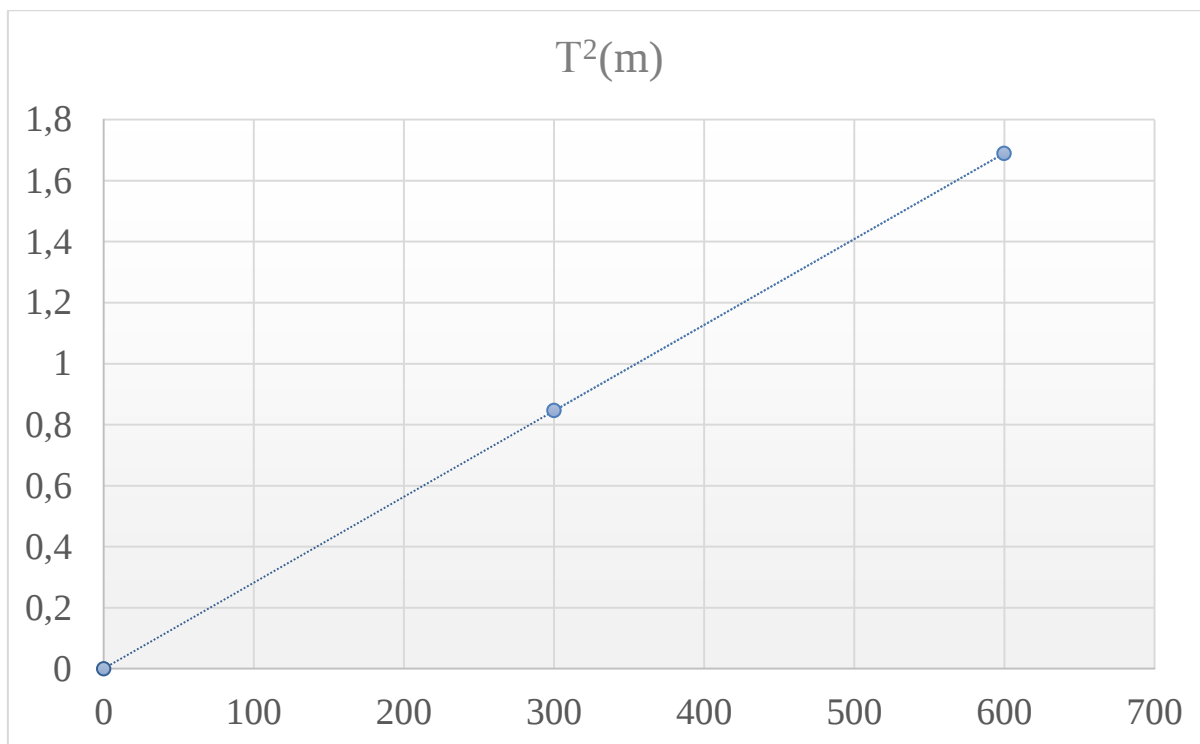
$$T_c = \frac{1,31+1,3+1,29}{3} \approx 1,3 \text{ с}$$

Отже, результати вимірювань можна представити у таблиці, що відображає отримані значення періоду коливань для різних мас вантажу.

Маса вантажу, г	$T_1, \text{ с}$	$T_2, \text{ с}$	$T_3, \text{ с}$	$T_c, \text{ с}$	$T^2, \text{ с}^2$
300	0,93	0,91	0,92	0,92	0,85
600	1,31	1,3	1,29	1,3	1,69

Маючи всі дані, побудуємо графік залежності квадрата періоду коливань T^2 від маси m тіла, підвішеного на пружині. Згідно з теоретичною залежністю для пружинного маятника

$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, квадрат періоду T^2 повинен прямо пропорційно залежати від маси m при сталій жорсткості k пружини.



Графік 2.2. Графік залежності квадрата періоду коливань пружинного маятника від маси при сталому коефіцієнті жорсткості $k = 14 \text{ Н/м}$.

Висновок: У ході проведення першого завдання було досліджено залежність періоду коливань пружини від маси вантажу. Результати експерименту підтвердили теоретичне припущення, згідно з яким період коливань пружини зростає з підвищенням маси вантажу. Було встановлено, що при масі 300 г середній період коливань становив 0,92 с, а квадрат періоду – 0,85 с². Для маси 600 г середній період коливань склав 1,3 с, а квадрат періоду – 1,69 с².

Завдання 2. Дослідження залежності періоду коливань пружини від жорсткості пружини

Хід роботи:

1. Підготувати дві пружини з різними жорсткостями: $k_1=14 \text{ Н/м}$ та $k_2=28 \text{ Н/м}$.
2. Закріпити масу 600 г до кожної з пружин.
3. Запустити програму Tracker, налаштувати камеру для запису коливань пружини.
4. Для першої пружини (жорсткість 14 Н/м) зафіксувати тривалість

одного коливання, виміряти час трьох коливань і розділити на три для отримання середнього значення.

5. Повторити процес для другої пружини (жорсткість 28 Н/м), проводячи ті ж самі вимірювання.

6. Записати отримані результати у таблицю.

Експериментальні дані:

Для виконання другого завдання лабораторної роботи ми скористаємося даними, отриманими під час дослідження періоду коливань для маси 600 г з пружиною жорсткістю 14 Н/м, які були зафіксовані в першому завданні.

Після цього ми проведемо аналогічні вимірювання з пружиною, жорсткість якої становить 28 Н/м, використовуючи ті ж налаштування Tracker.

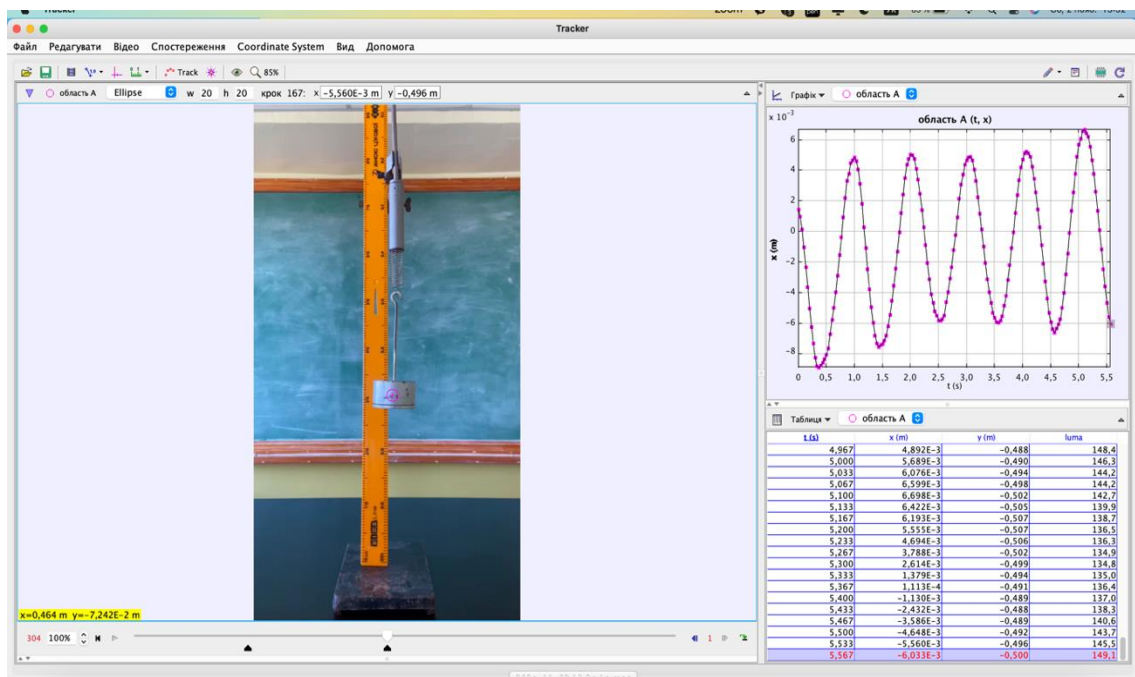


Рис. 2.23. Завершення відстеження коливань.

Отримуємо графік залежності періоду коливань від жорсткості пружини:

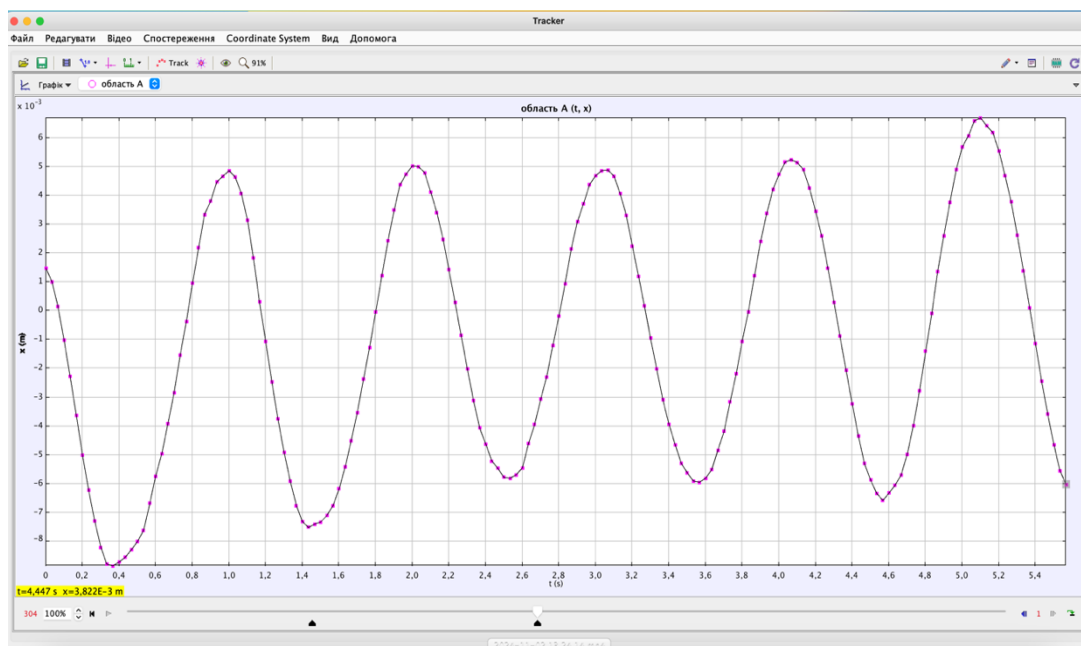


Рис. 2.24. Амплітуда коливань пружинного маятника, з жорсткістю пружини 28 Н/м та важком 600 г.

У ході вимірювань для другого завдання ми отримали результати, які свідчать про вплив жорсткості пружини на період коливань:

Для пружини, жорсткістю 14 Н/м:

$$T_1 = 1,23 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,20 \text{ с}$$

$$T_3 = 1,26 \text{ с}$$

$$T_c = \frac{1,23+1,20+1,26}{3} \approx 1,23 \text{ с}$$

Для пружини, жорсткістю 28 Н/м:

$$T_1 = 1,00 \text{ с}$$

$$T_2 = 1,05 \text{ с}$$

$$T_3 = 1,03 \text{ с}$$

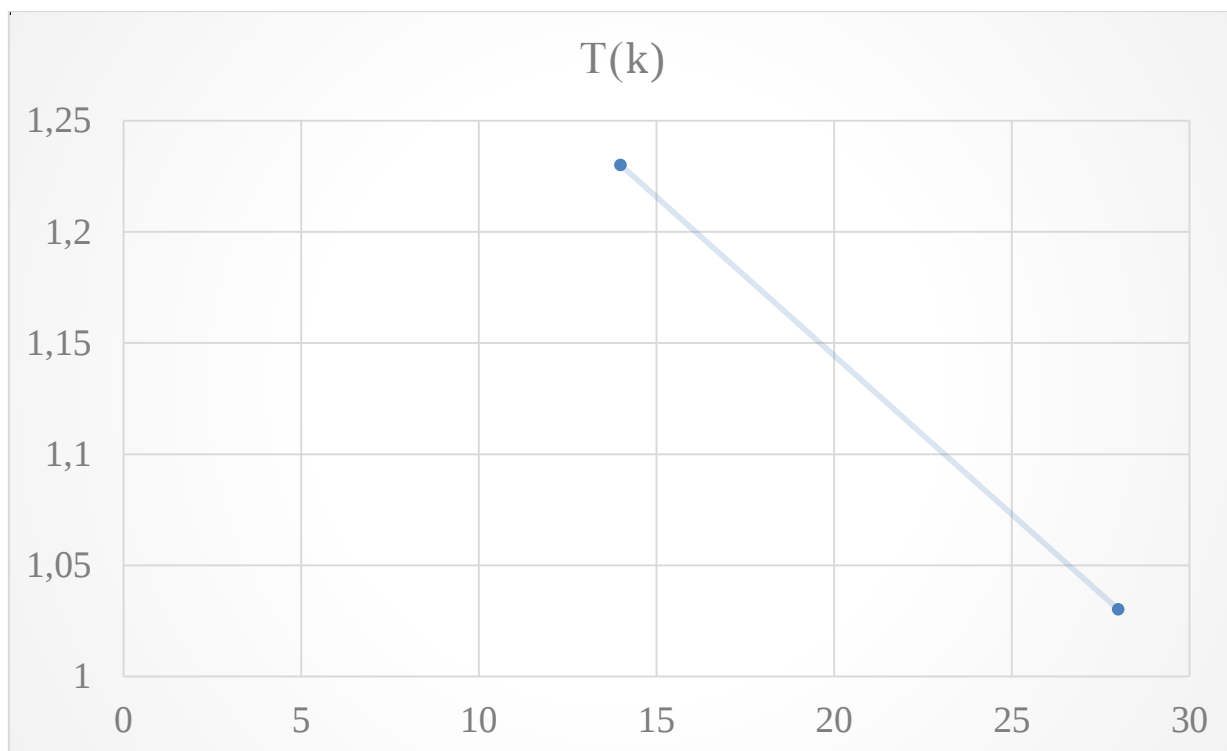
$$T_c = \frac{1,00+1,05+1,03}{3} \approx 1,03 \text{ с}$$

Систематизуємо наші дані у вигляді таблиці:

Жорсткість пружини (Н/м)	T_1 , с	T_2 , с	T_3 , с	T_c , с
14	1,23	1,20	1,26	1,23

28	1,00	1,05	1,03	1,03
----	------	------	------	------

Маючи всі необхідні дані, побудуємо графік залежності періоду коливань від зміни жорсткості пружини. Відповідно до теоретичних розрахунків, період коливань пружинного маятника зменшується із збільшенням жорсткості пружини.



Графік 2.3. Графік залежності періоду коливань пружинного маятника від жорсткості пружини.

Висновок: У процесі проведення другого завдання було досліджено залежність періоду коливань пружини від її жорсткості. Результати експерименту підтвердили теоретичні положення, відповідно до яких період коливань зменшується зі збільшенням жорсткості пружини. Було встановлено, що при жорсткості пружини 14 Н/м і масі 600 г період коливань становить 1,23 с, а при жорсткості 28 Н/м для тієї ж маси - 1,03 с.

2.4 Оцінка ефективності використання програмного забезпечення

Tracker під час лабораторних занять.

Урахування сучасних технологій у шкільній освіті є важливим етапом для підвищення ефективності навчального процесу. Одним із таких інструментів є програма Tracker, яка дозволяє здійснювати аналіз відеоматеріалів для вивчення фізичних явищ, що має значний потенціал для інтеграції в шкільну програму. Використання цього програмного забезпечення в навчанні фізики сприяє активному залученню учнів до дослідницької діяльності, а також дозволяє наочно продемонструвати складні фізичні принципи, такі як рух тіл, коливання, закони Ньютона та багато інших.

Програма Tracker допомагає учням не лише краще засвоїти теоретичні знання, а й розвивати навички роботи з сучасними технологіями. Завдяки можливості здійснювати відеоаналітичні дослідження, учні отримують доступ до інструментів, які дають змогу на практиці вивчати закономірності фізичних процесів, що робить навчання більш цікавим і зрозумілим. Крім того, таке інтерактивне навчання сприяє розвитку аналітичних здібностей учнів, покращує їхнє критичне мислення та здатність до самостійної роботи.

Інтеграція Tracker у шкільну програму дозволить учням краще підготуватися до майбутньої професійної діяльності в різних галузях науки та технологій, оскільки програмне забезпечення забезпечує можливість розвивати не лише предметні знання, але й ключові компетентності, які є важливими для навчання в умовах сучасного інформаційного суспільства.

Під час проведення експериментальної перевірки важливим етапом було обрання учнів для експериментальної та контрольної груп, які б відповідали однаковим критеріям, зокрема мали схожі параметри, бажання та схильності до експериментування. Крім того, вони повинні були володіти відповідними навичками роботи з комп'ютерною технікою, мати схожу здатність до навчання та рівень навчальної працездатності. На рис. 2.25 та рис. 2.26 представлені результати попереднього тестування знань учнів 7 та

10 класів обох груп.

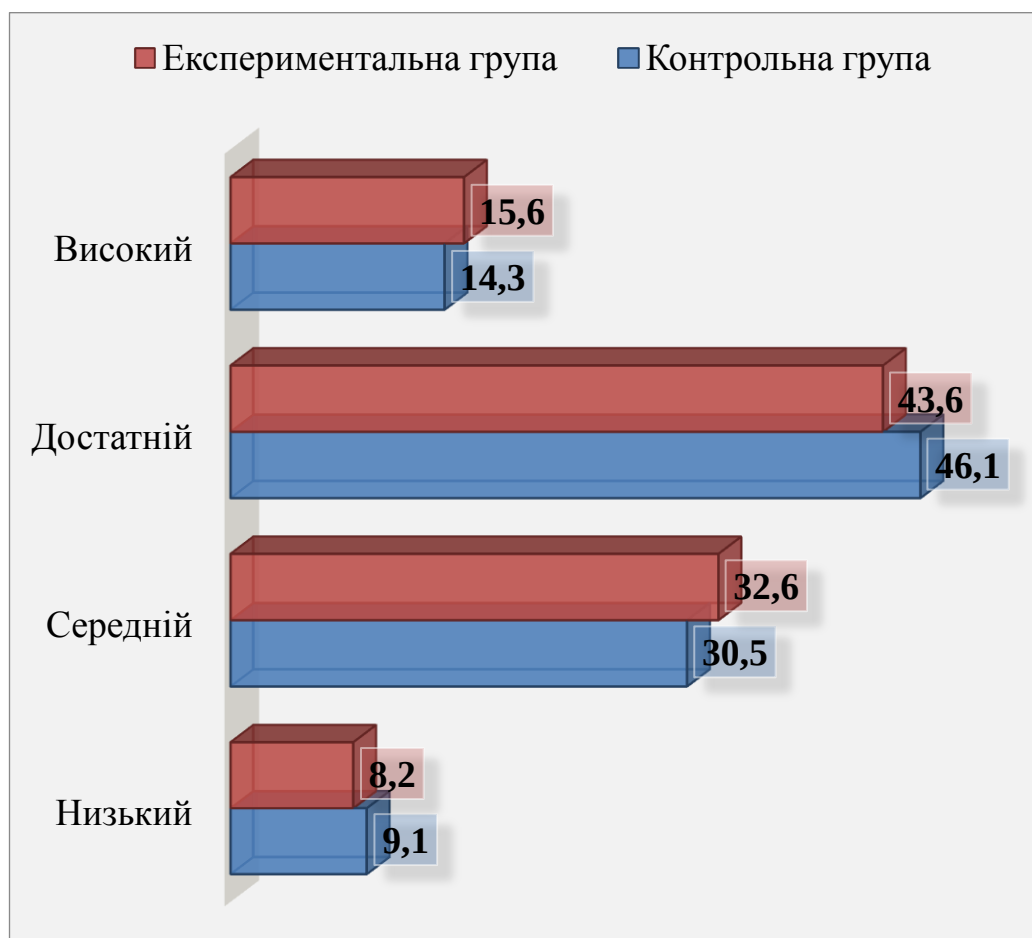


Рис. 2.25. Початковий зріз знань у двох групах 7-их класів.

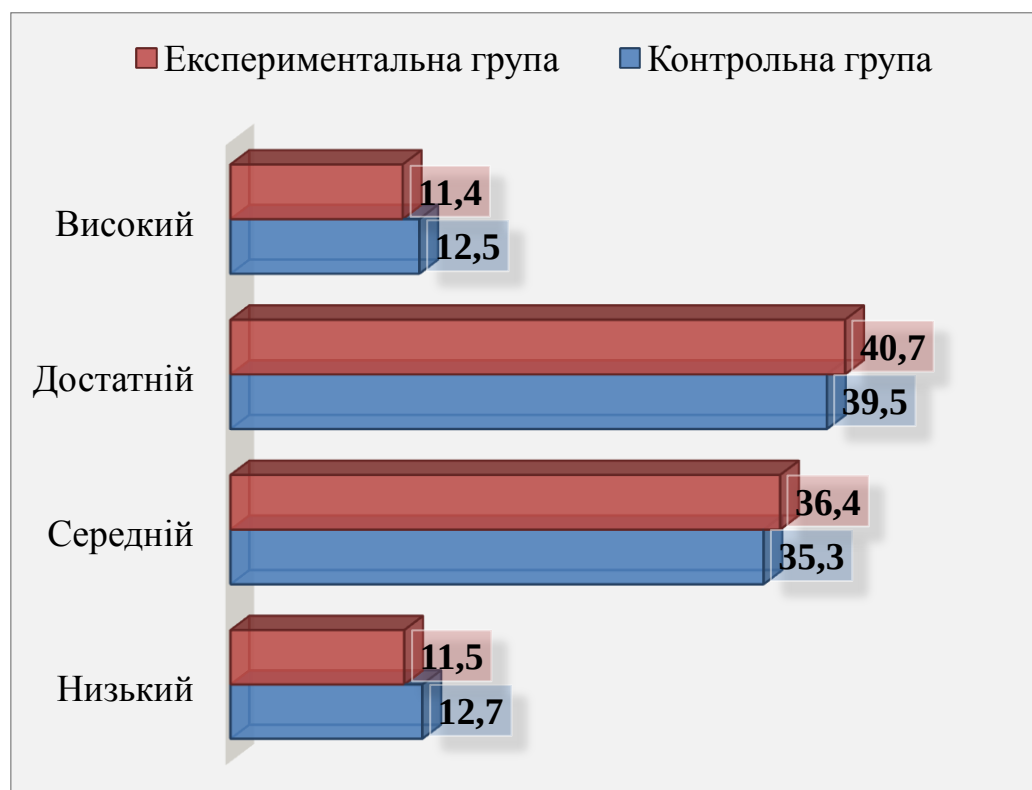


Рис. 2.26. Початковий зріз знань у двох групах 10-их класів.

Оцінка результатів експериментального навчання здійснювалась через якісний та кількісний аналіз результатів тестів і контрольних робіт з відповідних тем, а також через спостереження за навчальним процесом, проведення бесід з учителями та учнями та аналіз їхніх відгуків.

Дослідно-експериментальна робота проводилась в 7 та 10 класах і включала *контрольну* та *експериментальну* групи. У ході експерименту були відібрані дві групи учнів 7-х класів та дві групи 10-х класів Комунального закладу «Некрасовський ліцей Якушинецької сільської ради Вінницької області»: *експериментальна* – 16 учнів та *контрольна* – 15 учнів у 7-х класах, а також *експериментальна* – 15 учнів та *контрольна* – 16 учнів у 10-х класах. Контрольні групи працювали за традиційною методикою, виконуючи лабораторні завдання без використання програми Tracker, тоді як експериментальні групи проводили лабораторні роботи з інтеграцією програми для аналізу фізичних явищ.

Етапи роботи дослідно-експериментальної роботи:

Першим етапом експерименту стала підготовка та розробка завдань для лабораторних робіт. Ураховувався різний рівень знань учнів 7-х та 10-х класів, були визначені критерії та рівні сформованості їхніх знань, умінь і навичок з фізики.



Рис. 2.27. Інтеграція програмного забезпечення Tracker.

Другим етапом було інтегрування програмного забезпечення Tracker у роботу експериментальних груп (рис.2.27). Учні ознайомились з інтерфейсом та функціями програми, навчились основам роботи з Tracker, включаючи імпорт відео, визначення координат точок на зображеннях і побудову графіків для аналізу руху. Таким чином, учні стали більш обізнаними в використанні цифрових інструментів для аналізу фізичних явищ.

Третій етап включав безпосереднє проведення лабораторних робіт. Учні експериментальних груп, працюючи з програмним забезпеченням Tracker, мали змогу одразу отримувати графіки своїх досліджень, що дозволяло їм наочно спостерігати за результатами вимірювань, учні контрольних груп виконували ті ж завдання традиційними методами.

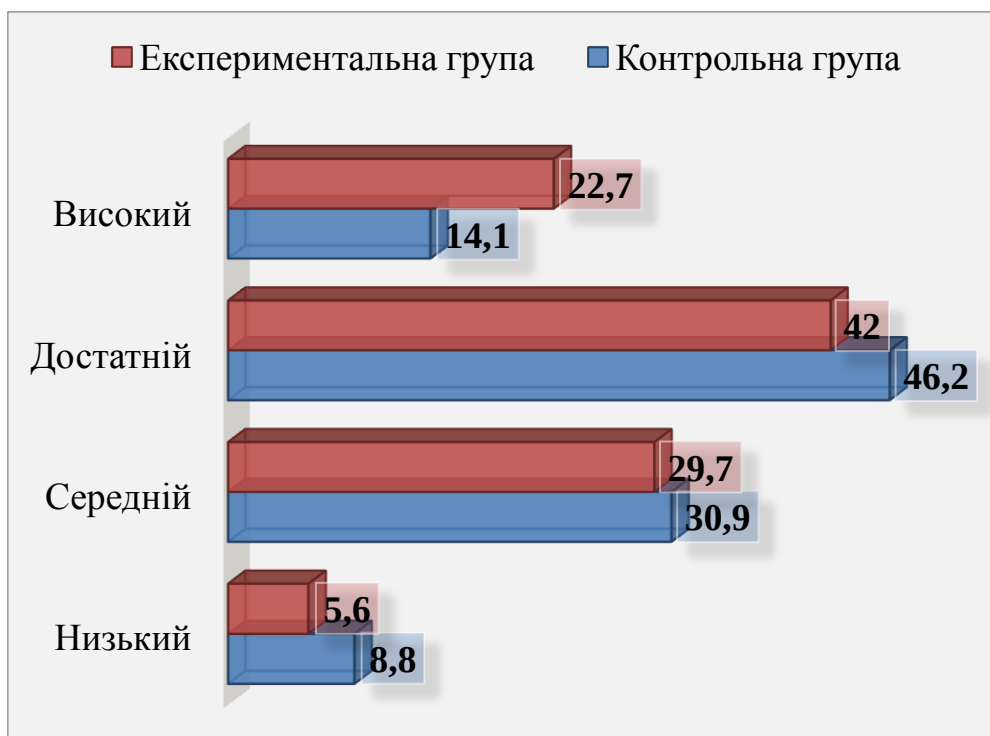


Рис. 2.28. Зріз знань після проведення експерименту у двох групах 7-их класів

Четвертий етап був спрямований на аналіз результатів експерименту, що дозволив оцінити динаміку змін у рівні знань учнів під час виконання лабораторних робіт. Оцінка ефективності навчального процесу проводилась через порівняння результатів контрольних робіт та тестових завдань до і після проведення експерименту, а також шляхом аналізу здобутих учнями практичних навичок і вмінь при виконанні лабораторних робіт (рис. 2.28 та

рис. 2.29).

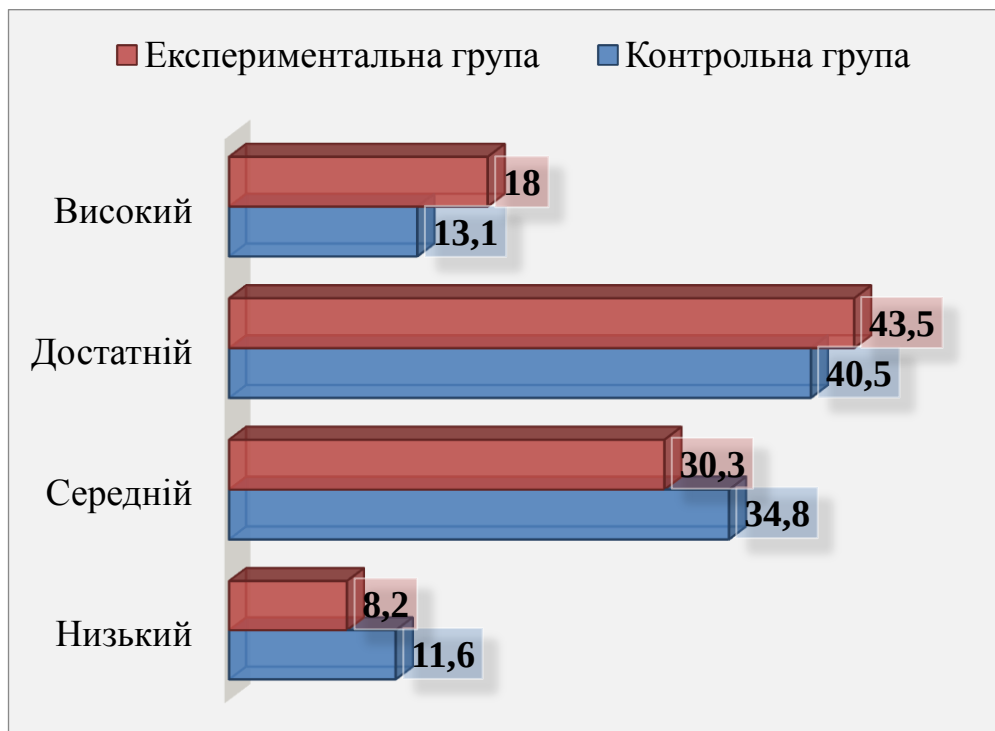


Рис. 2.29. Зріз знань після проведення експерименту у двох групах 10-их класів.

Результати показали, що рівень знань учнів у експериментальних групах підвищився завдяки інтеграції програмного забезпечення Tracker у шкільну програму. Це було особливо помітно у покращенні точності виконання лабораторних робіт і здатності аналізувати отримані дані. Учні, що використовували Tracker, швидше освоювали складні концепції, оскільки програма дозволяла візуалізувати фізичні явища та обробляти результати вимірювань у реальному часі. Завдяки інтерактивності та наочності програми, учні більш глибоко засвоювали матеріал і демонстрували вищий рівень зацікавленості в навчанні.

По закінченню експерименту серед учнів експериментальної групи було проведено опитування, метою якого було визначити їхнє ставлення до використання програмного забезпечення Tracker у навчальному процесі. Опитування включало питання про вплив програми на розуміння фізичних явищ, а також на зацікавленість у навчанні.

Результати показали, що більшість учнів відзначили полегшення в розумінні матеріалу завдяки візуалізації процесів і можливості самостійно

проводити вимірювання. Багато учнів також зазначили, що програма допомогла їм краще засвоїти теоретичні аспекти, завдяки інтерактивному підходу до навчання (рис. 2.30 та рис.2.31).

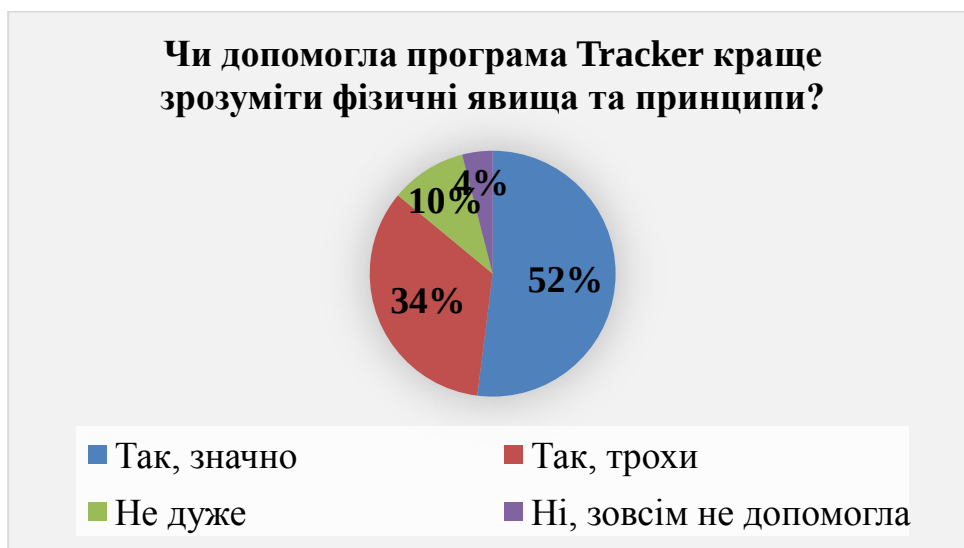


Рис. 2.30. Результати опитування.



Рис. 2.31. Результати опитування.

Отже, результати експерименту і опитування свідчать про ефективність запропонованої методики використання програмного забезпечення Tracker для аналізу відеоматеріалів з фізики під час проведення лабораторних занять.

ВИСНОВКИ

Узагальнюючи результати проведеного дослідження щодо використання програмного забезпечення для аналізу відеоматеріалів у фізичних лабораторних роботах під час навчання, можна зробити такі висновки:

- теоретично обґрунтовано та доведено, що використання відеоматеріалів у навчанні фізики має значний потенціал для покращення якості освітнього процесу, як у традиційній, так і у дистанційній освіті. Відеоаналіз дозволяє учням більш наочно спостерігати за процесами, що важко або неможливо спостерігати в реальному часі, і дає можливість провести повторні аналізи для уточнення даних.

Навички, набуті під час проведення фізичних експериментів – це не просто теоретичні знання. Це практичні вміння, які дозволяють аналізувати інформацію, робити висновки та ефективно спілкуватися. Ці навички є незамінними в сучасному світі, де постійно виникають нові завдання, які вимагають креативних та нестандартних рішень. Крім того, проведення експериментів допомагає учням побачити, як фізика пов'язана з реальним життям, що робить навчання більш цікавим і значущим.

- обґрунтовано і підтверджено, що використання програмного забезпечення для аналізу відео, таких як Tracker, є ефективним інструментом для розвитку навичок аналізу даних і критичного мислення у учнів. Це програмне забезпечення дозволяє учням на практиці застосовувати теоретичні знання, працюючи з реальними відеоматеріалами та отримуючи точні результати вимірювань, що може значно покращити розуміння фізичних законів.

- інтеграція таких технологій в навчальний процес сприяє розвитку цифрових компетентностей учнів, що є важливим аспектом сучасної освіти. Вони навчаються не лише фізики, але й використовувати сучасні інструменти для аналізу та інтерпретації наукових даних. Це є важливою складовою для підготовки учнів до сучасного ринку праці, де технології займають важливе

місце.

Підтверджено, що відеоаналіз також має суттєві переваги у контексті дистанційного навчання, де учні можуть виконувати лабораторні роботи у зручний час, а викладачі можуть забезпечити зворотній зв'язок, надаючи рекомендації на основі відеоаналізу.

Загалом, використання програм для відеоаналізу під час виконання лабораторних робіт з фізики є потужним інструментом для покращення якості навчання, розвитку критичного мислення та наукових навичок учнів, що, без сумніву, сприятиме підвищенню ефективності освіти в умовах сучасних вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Атаманчук П.С., Ляшенко О.І., Мендерецький В.В., Кух А.М. Методичні основи організації і проведення навчального фізичного експерименту: Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: ПП Буйницький О.А., 2006. 216 с.
2. Коршак Е.В., Миргородський Б.Ю. Методика і техніка шкільного експерименту. Практикум. Київ: Вища школа, 1981. 280 с.
3. Миргородський Б.Ю. Шкільний фізичний експеримент. К.: Радянська школа, 1972. 187 с.
4. Моклюк М.О. Навчальний експеримент з фізики в старшій школі: навчально-методичний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 154 с.
5. Шульга М.С. Методика і техніка демонстраційних дослідів з фізики у 6-7 класах середньої школи: Посібник для вчителів. Київ: Рад. школа, 1969. 276 с.
6. Заболотний В.Ф., Сільвейстр А.М., Моклюк М.О. Лабораторний практикум з фізики : Навчально-методичний посібник. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2018. 347 с.
7. Методичні рекомендації з фізики: навчальний посібник для вчителів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ktef.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/47/2020/01/МОЯ-МЕТОДИЧКА-ФЕ-13.12.-20194.pdf>.
8. Савченко В.Ф., Бойко М.П., Дідович М.М., Закалюжний В.М., Руденко М.П. Навчальний фізичний експеримент (Методичний практикум). Київ: Освіта, 2010. 220 с.
9. Головка М.В., Крижановський С.Ю., Мацюк В.М. Моделювання віртуального фізичного експерименту для систем дистанційного навчання в загальноосвітній і вищій педагогічній школах. Інформаційні технології і засоби навчання. 2015. №47 (3). С. 115–119.
10. Шпуганич І.Г. Віртуальна фізична лабораторія під час дистанційного навчання. Наукові записки національного університету «Острозька академія». 2020. №23. С. 32–37.

11. Рибалко А.В., Рибалко О.С., Лебедь О.О. Застосування комп'ютерної програми Tracker як дидактичного засобу перевірки закону збереження імпульсу. Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету. Серія: Педагогіка. 2019. №5. С. 52–58.

12. Сипчук Є., Топольник Я. Організація дослідницької діяльності учнів з фізики засобами відеоаналізу на прикладі програми Tracker. Наукові записки. Серія педагогічна. 2021. №42. С. 102–108.

13. Бучинська Д.Л. Використання відео в навчальному процесі – потреба сьогодення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/18703/2/D_Buchynska_OPENEDU_1_NDLIO.pdf.

14. Бельчев П. Проектування змісту відеохрестоматії з фізики для учнів загальноосвітніх шкіл. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія педагогічна. 2022. №2. С. 90–95.

15. Бучинська Д.Л. Використання відеоматеріалів та їх аналіз під час виконання лабораторних робіт з фізики. Інноваційні технології в освіті. 2021. №3. С. 110–115.

16. Сайт CVKK – Центр вдосконалення компетентностей у Києві [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cvkk.com.ua/lp/>.

17. Забара І. Методика виконання фізичного практикуму майбутніми вчителями фізики в умовах взаємозв'язку реального та віртуального навчального експерименту. Наукові записки Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова. Серія Педагогічні науки. 2019. №4. С. 85–89.

18. Лабораторні роботи з фізики: методичні рекомендації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/metodichni-rekomendaci-laboratorni-roboti-z-fiziki-235549.html>.

19. Бучинська Д.Л. Використання відеоаналізу у фізичному експерименті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/10638/1/923.pdf>.

20. Остапчук О., Моклюк М., Моклюк О. Використання відеоматеріалів та їх аналіз під час виконання лабораторних робіт з фізики. Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. [Електронне мережне видання]. Вінниця, 2024. Випуск 21. С. 169–174.

21. Моринець Ю.В. Використання ІКТ на уроках фізики. Фізика в школі. 2018. №5. С. 12–15.

22. Мерзликін О.В. Програмне забезпечення відеоаналізу у навчальному фізичному експерименті. Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія педагогічна. 2012. №1 (18). С. 123–125.

23. Колесник Н.В. STEM-освіта: роль цифрових технологій у сучасній освіті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua>.

24. Дідус І. Відеоаналіз у навчальному процесі: методичні рекомендації для вчителів фізики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvita.ua>.

25. Brown D. The Tracker Video Analysis and Modeling Tool. American Journal of Physics. 2009. Т. 77, № 4. С. 5–10.

26. Chiou S. Using Video-based Experiments for Distance Learning in Physics. IEEE Transactions on Education. 2020. Т. 63, № 3. С. 182–188.

27. Державна служба якості освіти України. Використання засобів відеоаналізу у курсі фізики: навчальний посібник для вчителів. Київ: НАПН України, 2023. 64 с.

28. STEM-презентація для учнів "Вивчення законів механіки" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua>.

29. Поляков М. Сучасні технології вивчення фізики з використанням відеоаналізу: підручник для вчителів. Київ: Освіта України, 2023. 96 с.

30. Шевченко В.В. Відеоаналіз як інструмент розвитку аналітичних навичок учнів у курсі фізики. Вісник Національного педагогічного університету ім. М.П. Драгоманова. Серія Педагогічні науки. 2021. Т. 35, № 2. С. 120–127.

31. Бойко М. П., Закалюжний В. М., Руденко М. П. Використання комп'ютерних технологій у фізичному експерименті. Фізика та астрономія в школі. 2018. № 5. С. 37–42.
32. Сухомлин В. О. Використання інформаційно-комунікаційних технологій у викладанні фізики. Освіта і суспільство. 2020. № 4. С. 92–95.
33. Лапін О. А. Віртуальні лабораторії як засіб покращення якості навчання фізики. Інформаційні технології в освіті. 2019. № 12. С. 58–63.
34. Сайт Науково-методичного центру з питань якості освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nmc.gov.ua/education/physics>.
35. Гончар Т. Г., Коваленко С. В. Використання сучасних ІКТ у дистанційному навчанні фізики. Вісник педагогічних наук. 2021. № 3. С. 28–33.
36. Сайт Інституту модернізації змісту освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://imzo.gov.ua/category/tematichni-napriamky/fizyka>.
37. Кравченко Ю. П., Соловей М. М. Використання програмних засобів у процесі навчання фізики. Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки. 2018. № 5. С. 120–125.
38. Гончарук О. М., Пилипчук В. Г. Застосування відеоматеріалів у викладанні фізики. Проблеми сучасної освіти. 2022. № 2. С. 72–78.
39. Василенко І. В. Віртуальні фізичні лабораторії як інноваційний інструмент викладання фізики. Інноваційні технології в освіті. 2021. № 3. С. 98–103.
40. Степанюк О. А. Методика використання відеоматеріалів у фізичному експерименті. Фізика в школі. 2020. № 4. С. 45–50.
41. Демченко С. П. Використання Tracker у навчанні фізики. Вісник Харківського національного університету. 2019. № 4. С. 82–86.
42. Литвиненко І. О. Використання комп'ютерних технологій для моделювання фізичних явищ. Вісник Черкаського державного університету. 2018. № 1. С. 33–37.

43. Білоус А. С., Коваленко С. О. Досвід використання віртуальних лабораторій з фізики. *Освіта та суспільство*. 2021. № 2. С. 14–19.
44. Сайт Українського інституту освітньої аналітики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uia.gov.ua>.
45. Воловик Т. С. Використання відеоаналізу у фізичному практикумі. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. 2022. № 2. С. 54–59.
46. Семенюк І. В. Ефективність застосування відеоматеріалів у навчанні фізики. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. № 2. С. 112–117.
47. Мельник А. І. Сучасні засоби навчання фізики з використанням цифрових технологій. *Вісник педагогічних наук*. 2021. № 4. С. 90–95.
48. Сайт Національної академії педагогічних наук України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naps.gov.ua>.
49. Лазаренко С. В., Андрущенко О. П. Мультимедійні технології у викладанні фізики. *Інформаційні технології в освіті*. 2020. № 1. С. 27–33.
50. Чорна Т. М., Гнатюк В. О. Віртуальні лабораторні роботи як засіб для розвитку наукових знань. *Педагогічна освіта: теорія і практика*. 2022. № 3. С. 56–61.
51. Інститут освітньої аналітики: наукові дослідження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iea.gov.ua>.
52. Щербак П. О. Використання віртуальних лабораторій у фізиці. *Сучасна освіта*. 2019. № 2. С. 41–46.
53. Мельник Т. Б., Руденко А. В. Застосування Tracker у дистанційному навчанні фізики. *Вісник Черкаського державного університету*. 2021. № 3. С. 83–88.
54. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: Електронний каталог [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua>.

55. Марченко С. В. Моделювання фізичних явищ за допомогою віртуальних лабораторій. Фізика та хімія в школі. 2020. № 6. С. 34–39.

56. Моклюк М. О. Методика використання елементів дистанційних технологій у процесі навчання фізики в загальноосвітніх навчальних закладах. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата педагогічних наук. Вінниця, 2009. 197 с.

57. Серга Д., Моклюк М. Способи організації та проведення лабораторних робіт з фізики під час дистанційного навчання. Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. редкол.: С. В. Подолянчук (голова) та ін.; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського. [Електронне мережне видання]. Вінниця, 2022. Випуск 19. С. 160–165.