

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет комп'ютерних наук, фізики та математики
Кафедра фізики та методики її навчання

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У
ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ НА ЕТАПІ БАЗОВОЇ
СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Кваліфікаційна робота (проект)

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав (ла): студент 4 курсу, групи 15-411
Спеціальності 014 Середня освіта (Фізика)
Освітньо-професійна програма
Середня освіта (Фізика)
Лукавий Станіслав Віталійович

Керівник
кандидат педагогічних наук, доцент
Єрмакова-Черченко Н.О.
докторка педагогічних наук, професорка
Федяєва В.Л.

Рецензент
докторка педагогічних наук, доцент
Валько Н.В.

Херсон – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи використання віртуального експерименту в освітньому процесі з фізики	6
1.1. Віртуальний фізичний експеримент як науково-методична проблема.....	6
1.2. Аналіз програмних засобів для проведення віртуального фізичного експерименту.....	11
РОЗДІЛ 2. Методика використання віртуального експерименту у процесі викладання розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження»	17
2.1. Дидактичні основи використання віртуального експерименту у процесі вивчення фізики на етапі базової середньої освіти.	17
2.2. Методика використання віртуального фізичного експерименту у процесі викладання з розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» у 9 класі.	21
ВИСНОВКИ.....	33
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	35
ДОДАТКИ	38
Додаток А	38
Додаток Б.....	39

ВСТУП

Сучасна освіта перебуває на етапі реформування. Зміни, яких зазнає освітня галузь пов'язані із: стрімким поширенням вірусу COVID-19 та використання змішаної форми організації освітнього процесу (очної та дистанційної); необхідністю виконання основних напрямів «Національної стратегії розвитку освіти в Україні на 2020-2021 роки», які досягаються шляхом формування та впровадження інформаційного освітнього середовища до системи навчання закладів загальної середньої освіти поряд із традиційними методами та засобами навчання; зміна потреб та пріоритетів підростаючого покоління та необхідність їх врахування при побудові освітнього процесу.

Зазначені зміни відображаються на побудові освітнього процесу усіх дисциплін, у тому числі й фізики. Однією із форм організації діяльності школярів на уроці є виконання фізичного експерименту. Проте, стрімкий розвиток засобів навчання, модернізація підходів до організації та проведення фізичного експерименту, розвиток фізики, прогрес інформаційно-комунікативних технологій, а також необхідність організації освітнього процесу у змішаній формі, вимагає залучення учнів до виконання віртуального фізичного експерименту. Питання використання в освітньому процесі віртуального експерименту знайшло відображення у роботах вітчизняних та зарубіжних науковців, таких як П. Атаманчук, В. Заболотного, О. Іваницького, С. Литвинової, О. Мартинюка, Н. Мислицької, В. Шарко, М. Шута та ін. Не применшуючи здобутки науковців, вважаємо, що проблема впровадження в освітній процес з фізики віртуального фізичного експерименту залишається актуальною і потребує подальшої розробки.

У зв'язку з цим **мета роботи** полягає – теоретичному обґрунтуванні та розробці методичних рекомендацій використання віртуального фізичного експерименту в освітньому процесі з фізики на

етапі базової середньої освіти (на прикладі розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження»).

Досягнення поставленої мети вимагає виконання таких **завдань**:

- зробити аналіз науково-методичної літератури з проблеми дослідження, з'ясувати зміст основних понять («фізичний експеримент», «віртуальний експеримент», «дидактичні засади проведення віртуального експерименту»);

- зробити аналіз сучасних інформаційно-комунікаційних засобів з позиції можливості їх використання при виконанні віртуального експерименту;

- розробити методичні рекомендації щодо використання віртуального експерименту на уроках фізики на етапі базової середньої освіти.

Об'єкт дослідження – освітній процес з фізики на етапі базової середньої освіти.

Предмет дослідження – методика використання віртуального експерименту у процесі навчання фізики на рівні базової середньої освіти (на прикладі розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження»).

Методи дослідження: теоретичні (аналіз науково-методичної літератури, з метою вивчення основних підходів до визначення понять фізичний експеримент, віртуальний експеримент); емпіричні (бесіди з вчителями та учнями, спостереження за освітнім процесом, анкетування вчителів).

Практичне значення отриманих результатів дослідження полягає у тому, що результати роботи можуть бути використані вчителями фізики та студентами у період виробничої (педагогічної) практики.

Апробація результатів дослідження проводилася на базі Херсонського академічного ліцею імені О.В. Мішукова при Херсонському державному університеті Херсонської міської ради.

Результати дослідження обговорювалися на засіданні Всеукраїнської студентської Інтернет-конференції «Інноваційні технології навчання природничо-математичних дисциплін у закладах середньої та вищої освіти» (22-23 квітня 2021 року).

Публікації. За результатами дослідження надруковані тези доповіді «Використання віртуального фізичного експерименту у процесі навчання фізики у 9 класі» [17].

РОЗДІЛ 1.

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ

1.1. Віртуальний фізичний експеримент як науково-методична проблема.

Фізика одна з дисциплін природничо-наукового циклу, вивченню якої приділяється у закладах освіти різних рівнів особлива увага. Фізика – наука експериментальна і її вивчення не можливе без виконання фізичних дослідів та експериментів. Використання в освітньому процесі шкільного фізичного експерименту підводить школярів до розуміння сучасних методів дослідження фізики, сприяє формуванню у школярів практичних навичок та умінь. На думку М. Садового навчальний експеримент доцільно розглядати як сукупність взаємопов'язаних складових навчального обладнання, методів і методичних прийомів технології реалізації основних дидактичних принципів навчання [22]. Методика організації та проведення фізичного шкільного експерименту відображена у роботах багатьох вітчизняних науковців, серед яких С. Величко, Ю. Жук, В. Заболотний, Н. Слюсаренко, М. Каленик, В. Пасько, О. Степанченко, В. Шарко та інші.

На думку О. Федішина навчальний експеримент це органічна складова методичної системи навчання фізики, яка забезпечує формування у школярів необхідних практичних умінь, дослідницьких навичок та особистісного досвіду експериментальної діяльності, завдяки яким вони стають спроможними розв'язувати навчальні завдання засобами фізичного експерименту [25].

У своїх доробках В. Вовктруб, Н. Подопригора, А. Гуржій зазначають, що з позиції дидактики навчальний фізичний експеримент це така організація процесу навчання, при якому всі специфічні аспекти

експерименту поєднані та узгоджені зі структурою і змістом процесу навчання [12, 15].

Аналіз наукової літератури засвідчив, що для фізичного експерименту характерні специфічні риси та взаємозв'язки експериментатора (дослідника) із предметом дослідження: втручання у явища/ процеси зовнішнього світу за допомогою спеціального обладнання; можливість неодноразового повторення досліджуваних явищ та унеможливлення проявів побічних та випадкових факторів; можливість зміни перебігу явища чи процесу з урахуванням умов та параметрів, що впливають на їх перебіг; організованість та спрямованість організації і проведення фізичного експерименту [16].

Система навчального фізичного експерименту включає: демонстраційний експеримент, фронтальний експеримент, фізичний практикум, фізичний експеримент з використанням комп'ютера, експериментальні задачі, фронтальні експериментальні завдання [25].

Розглянемо особливості кожного з видів навчального фізичного експерименту:

✓ демонстраційний експеримент – передбачає експериментальне відтворення/ моделювання явищ та процесів, які вивчаються; демонстрація діючих моделей машин, механізмів та вимірювальних приладів, а також вимірювання основних фізичних величин, встановлення між ними залежності;

✓ фронтальний експеримент – дозволяє формувати та розвивати вміння та навички науково-дослідницької діяльності учнів; на якісному рівні школярі вивчають явища, процеси та умови їх перебігу, здійснюють перевірку фізичних законів, формулюють загальні висновки;

✓ фізичний практикум – дозволяє кількісно перевірити фізичні закони, провести дослідження різних умов і визначити результати впливу змін умов на перебіг фізичних процесів з використанням

моделей і промислових зразків; практична та політехнічна спрямованість змісту і тих фізичних методів дослідження, які використовуються при цьому;

✓ експериментальні задачі – їх зміст ат обсяг складають окремі елементи лабораторних робіт та демонстраційних дослідів;

✓ домашні досліди та спостереження – обмежуються експериментальним вивченням/ дослідженням в реальних життєвих умовах проявів та перебігу явищ/ процесів, передбачає практичну спрямованість змісту та методів виконання [12].

Проте, необхідно зазначити, що усі види фізичного експерименту доцільно доповнювати експерименти з використанням комп'ютера та інформаційно-комунікативних технологій. Це сприятиме не тільки осучасненню навчального експерименту, а й забезпечуватимуть різнобічний розвиток особистості учня.

Використання сучасних інформаційно-комунікативних технологій дозволяє перевести навчальний фізичний експеримент на новий рівень організації та проведення. Як стверджують М. Головко, С. Крижановський, В. Мацюк «комп'ютерні моделі передбачають створення програмного середовища, яке поєднує в собі на основі математичної моделі явища або процесу засоби інтерактивної взаємодії з об'єктом дослідження і розвинуті засоби відображення інформації» [14].

Навчальні комп'ютерні моделі це віртуальні моделі, основне призначення яких є формування пізнавальних умінь та основі представлення предмета навчання [19]. Необхідно зазначити, що відмінною рисою віртуальної моделі є особливі методи візуалізації окремих властивостей явища, що моделюється, а також зовнішнього вигляду (інтерфейсу) програми, що підтримує самостійну роботу учня із даною моделлю.

Аналіз літератури засвідчив, що комп'ютерні моделі можна використовувати у якості демонстраційно-ілюстративних та навчально-

евристичних моделі, в залежності від того, яку мету та завдання ставить на уроці вчитель.

Питання класифікації віртуальних моделей є важливим, оскільки це дає можливість максимально реалізувати усі їх можливості, а також повно та об'єктив оцінювати різноманітні функції віртуального середовища. У роботі А. Оспеннікова [21] представлений підхід до класифікації віртуального експерименту. Запропонований автором підхід може бути використаний в умовах дистанційного навчання.

Наприклад, за об'єктом моделювання виділяють такі віртуальні фізичні моделі: реальних об'єктів і процесів (прилади, машини, природні явища); ідеалізовані об'єкти, що відображають «зміст фізичних теорій; дій та операцій дослідника з об'єктами природи та техніки» [7].

За типом математичної моделі, яка покладена в основу математичного опису явища, віртуальні моделі поділяють на такі: моделі, що здійснюють аналітичний опис явища на основі вже відомих експериментальних законів/ рівнянь теорії; моделі, у яких здійснюється правдоподібний аналітичний опис явища на основі первинних математичних рівнянь, але при цьому включають у себе ті самі характеристики, що явище, яке досліджується.

За характером навчального завдання, яке ставить перед собою користувач у процесі роботи з обраною моделлю, віртуальні моделі можуть бути використані для засвоєння елементів знань навчального дослідження [7].

Охарактеризуємо окремі варіанти віртуального моделювання, які найчастіше використовуються у системах комп'ютерної підтримки навчання фізики.

Віртуальна демонстрація – навчальна віртуальна модель, для якої характерні ознаки реальних об'єктів і процесів, призначена для засвоєння елементів «готового знання». Віртуальну демонстрацію можна розглядати у двох варіантах: віртуальна демонстрація явища

(користувач використовує модель фізичного явища в пригородніх умовах його проходження); віртуальна демонстрація фізичного експерименту (користувач користується моделлю експериментальної установки, може вивчати принцип її роботи).

Віртуальні демонстрації структури і властивостей ідеалізованого об'єкту теорії – навчальна віртуальна модель з видовими ознаками ідеалізованих об'єктів, що відображають зміст (ядро) фізичних теорій, і призначена для засвоєння елементів «готового знання».

Віртуальна симуляція – навчальна віртуальна модель за видовими ознаками дій і операцій еспериментатора з об'єктами природи і техніки у поєднанні з будь-якими ознаками другої і третьої класифікацій [7]. Цільові орієнтири віртуальних симуляцій можуть істотно відрізнитися. Одні можуть бути запропоновані учням як зразки діяльності в «готовому» вигляді і здійснювати потім «відшліфування» дій в однотипних умовах. У разі поєднання дій та операцій еспериментатора з об'єктами природи і техніки й аналітичний опис явища на основі відомих експериментальних законів/ рівнянь теорії призначені для навчального дослідження (віртуальна стимуляція, реалізована як навчальне дослідження), отримується модель, яка вдало поєднує можливості повноцінного віртуального експерименту з імітацією реальних дій користувача з об'єктом дослідження [14].

Можливі два шляхи використання комп'ютерного моделювання: за допомогою спеціалізованих програмних засобів та безпосереднього програмування. Усі програмні засоби, що використовуються для комп'ютерного моделювання, можна поділити на віртуальні фізичні лабораторії, віртуальні фізичні світи, інструментальні середовища, засоби для проведення математичного моделювання фізичних процесів.

Віртуальна фізична лабораторія – програмний засіб, призначений для імітації роботи учня у фізичній лабораторії під час дослідження фізичних процесів або явищ. Сьогодні на ринку представлена ціла низка

програмних пакетів, які призначені для здійснення віртуальних навчальних експериментів [14]. Проте, найпоширенішими є віртуальні он-лайн лабораторії, які дозволяють проводити комп'ютерні досліди, не купуючи додаткових програм.

Віртуальні фізичні світи це такі програмні засоби, за допомогою яких можна створювати свій фізичний світ і розглядати/ вивчати поведінку фізичних об'єктів у ньому. Основна відмінність від віртуальних лабораторій полягає у тому, що діяльність відбувається не жорстких рамках програмного засобу з дослідження фізичного явища/ процесу, а можна самостійно конструювати свій фізичний світ, задавати основні фізичні константи, сили і тіла, які діють на них, досліджувати поведінку цих тіл у новоствореному світі.

Спеціалізовані інструментальні середовища – «програмні засоби, призначені для моделювання, включаючи навчальне конструювання з готових базових моделей» [14].

У наступному пункті роботи розглянемо найпоширеніші програмні засоби для проведення віртуального фізичного експерименту.

1.2. Аналіз програмних засобів для проведення віртуального фізичного експерименту.

Аналіз програмних засобів навчання, які дозволяють поводити віртуальний фізичний експеримент, засвідчив, що у вільному доступі є чимало платформ. Розглянемо найбільш поширені з них.

Платформа PhET (Physics Education Technology) [5] – вільний у доступі програмний засіб під ліцензією GNU/GPL. Зазначений програмний засіб надає можливість інтерактивного моделювання фізичних явищ для демонстрації їх у навчальному процесі. Цей ресурс, розроблений Університетом Колорадо, містяться віртуальні лабораторії, які демонструють різні явища у галузі фізики, хімії, біології, географії, а також деякі інтерактивні математичні інструменти (рис. 1.1).

Симуляції PhET розроблені з використанням технології Java та HTML5, що дозволяє проводити демонстрації в он-лайн режимі, а також завантажувати аплети на персональний комп'ютер і вбудовувати їх на web-сторінки власного дистанційного курсу у вигляді віджетів. Усі перелічені можливості передбачені на сторінці кожної демонстрації PhET. Усі демонстрації та симуляції фізичних яких є інтерактивними. Окрім цього PhET містить віртуальні фізичні лабораторії, інтерфейс яких є інтуїтивним і не вимагає спеціальних знань та навичок у користуванні. Віртуальні лабораторії містять одне або кілька завдань, а також набір елементів, які необхідні для виконання завдання [5]. Основна мета таких демонстрацій – візуалізація та пояснення явищ, і не передбачає перевірку рівня засвоєння знань здобувачів освіти.

Окрім ресурсу PhET варто звернути увагу на проект VirtuLab [7]. Даний проект поширений у сучасному російському сегменті мережі Інтернет і містить віртуальні досліди з різних природничих дисциплін. Основна одиниця колекції – віртуальний експеримент. Кожен із представлених роликів дозволяє провести фізичний експеримент, який має навчальну мету та чітко сформульовані завдання. Користувачу пропонуються всі інструменти та об'єкти, необхідні для отримання результату.

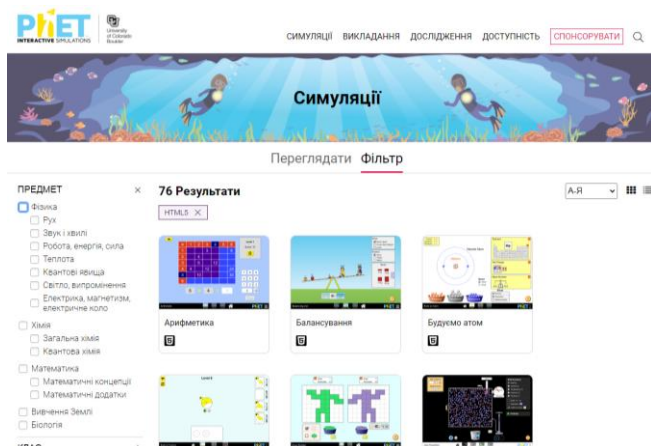


Рисунок 1.1 – Стартова сторінка платформи PhET.

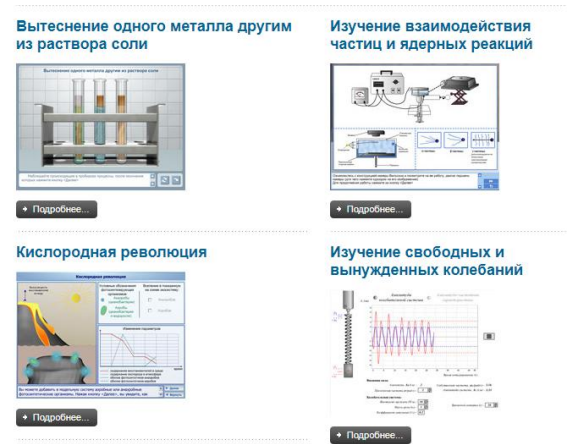


Рисунок 1.2 – стартова сторінка проекту VirtuLab.

Доцільно також звернути увагу на відкриту платформу myPhysicsLab [6]. Не зважаючи на те, що ресурс є англomовним, користувач може скористатися вбудованим у браузер перекладачем (правою кнопкою миші викликати контекстне меню і обрати «переклад на українську мову»). Даний ресурс є програмним забезпеченням з відкритим кодом за ліцензією Apache 2.0. Більшість моделей, які представлені на платформі myPhysicsLab, демонструють механічні явища (рис. 1.3).

Даний ресурс має понад 50 різних моделей, кожна за яких має файл-приклад призначений для розробки та тестування. Дані моделі можуть також працювати автономно без підключення до мережі Інтернет. Приклади фізичних симуляцій доступні у двох форматах файлів: 1. розширена компіляція – завантажується швидше, доступна для оф-лайн користування; 2. проста компіляція – надає більше можливостей для налаштування, доступна для оф-лайн користування.

Необхідно відмітити, що фізичні величини, які використані у моделях myPhysicsLab не мають одиниць вимірювання. Усі фізичні величини є безрозмірними і їх можна інтерпретувати як завгодно, проте вони повинні бути коректними у межах даної моделі.

Український інтерактивний контент для навчання вільного користування MozaikEducation (рис. 1.4) [4] є цікавим та корисним не тільки для школярів, а й для вчителів. Даний контент містить: освітнє презентаційне програмне забезпечення MozaBook – це оптимізоване презентаційне програмне забезпечення для використання на інтерактивній дошці. З його допомогою вчитель та учнів можуть створювати презентації та доповнювати їх інтерактивними 3D-анімаціями, освітнім відео та різними зображеннями. MozaBook містить різні навчальні ресурси: тематичні програми, ігри та 3D-анімації, які охоплюють усі предмети закладів освіти середньої ланки, використання

яких сприятиме підвищенню уваги школярів та допоможуть їм краще засвоїти навчальний матеріал.

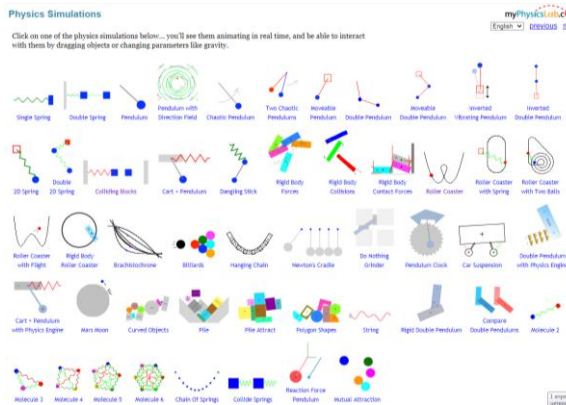


Рисунок 1.3 – Стартова сторінка платформи myPhysicsLab.

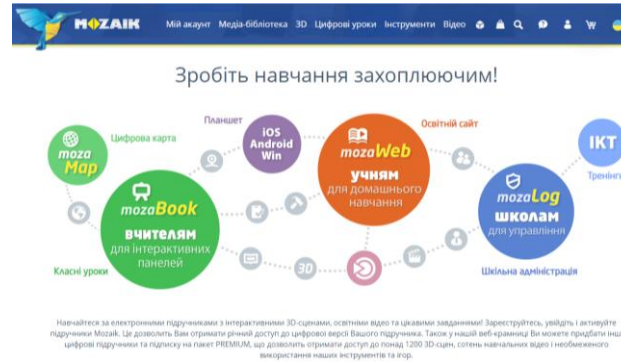


Рисунок 1.4 – Стартова сторінка платформи MozaikEducation.

Додатки MozaTools містять понад 110 інтерактивних інструментів та ігор, які покращують візуальне сприйняття інформації та дозволяють школярам виконувати різні експерименти. Зареєструвавшись учні мають доступ до інтерактивних інструментів через платформу домашнього навчання (рис. 1.5). Як зазначають розробники інтерактивного ресурсу, перелік інтерактивних інструментів постійно оновлюється.

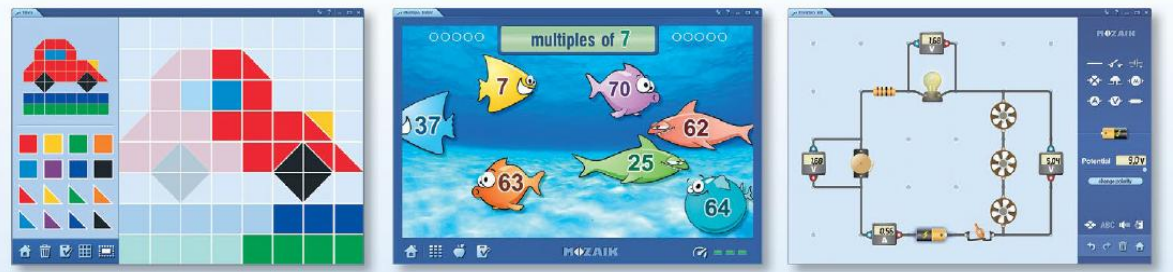


Рисунок 1.5 – Інтерактивні інструменти MozaTools.

Окрім зазначеного, даний ресурс містить 80 відео різних цікавих фізичних експериментів, які можна використовувати у якості демонстрацій фізичних явищ, а також як фронтальний експеримент чи віртуальну експериментальну задачу.

Платформа Go-labz [2] охоплює понад 80 віртуальних симуляцій та містить 60 віртуальних лабораторій, які дозволяють проводити дослідження не тільки з фізики, а й хімії та біології. Дана платформа

симуляцій побудована з використанням Drupal 8 CMS, яка сумісна і повністю функціонує у всіх сучасних браузерах, які підтримують CSS JavaScript, серед яких Google Chrome, Firefox, Microsoft Edge, Internet Explorer, Opera, Safari. Зазначена платформа надає можливість безкоштовно використовувати представлені ресурси, що дозволить побудувати вивчення усіх природничих дисциплін на принципах Stem-освіти. Окрім цього, вчитель може створювати сценарії віртуального навчання для кожного заняття в класі, які містять он-лайн-лабораторії та інший мультимедійний контент. Не зважаючи на те, що ресурс Go-labz є англomовним, користувач може використати вбудований у браузер перекладач (рис. 1.6).

Інтерактивний програмний засіб Lab4U [3] надає можливість використовувати он-лайн ресурси в освітньому процесі з фізики, біології та хімії. Для учнів представлені такі ресурси як віртуальна лабораторія та інтерактивні інструменти (акселерометр, камера, сонометр, спідометр, плоттер); вчителі мають у своєму користуванні окрім зазначених раніше ще й такі ресурси як учительський портал, громада вчителів, блог для обговорення освітніх питань/ досвіту роботи (рис. 1.7).

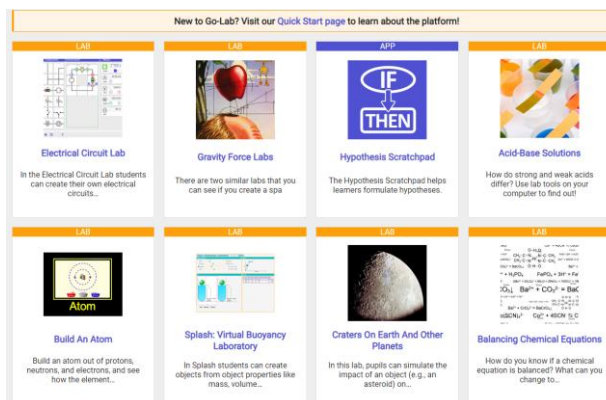


Рисунок 1.6 – Стартова сторінка платформи Go-labz.

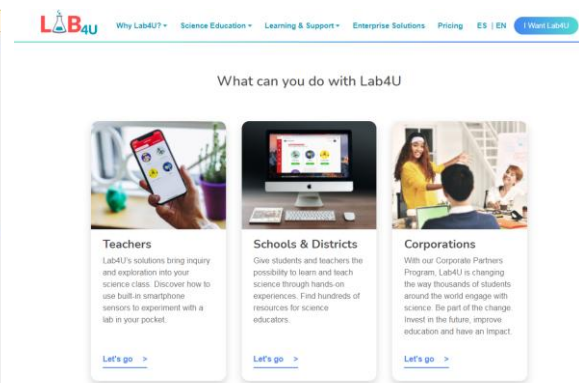


Рисунок 1.7 – Стартова сторінка платформи Lab4U.

Інтерактивний ресурс Apps on Physics Walter Fendt [1] містить додатки з фізики з 9 розділів фізики, серед яких: механіка, коливання та хвилі, електродинаміка, оптика, термодинаміка, теорія відносності, фізика атомів, ядерна фізика, фізика твердого тіла (рис. 1.8). Дана

платформа симуляцій побудована з використанням HTML5 надає можливість працювати з обраним ресурсом в он-лайн режимі та змінювати параметри системи.

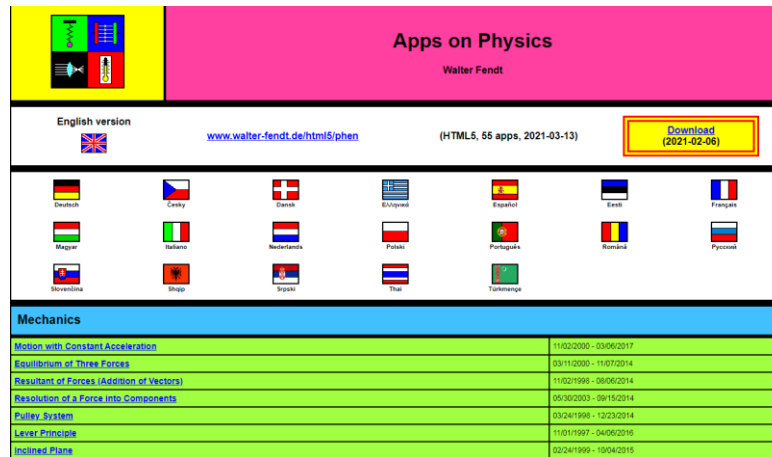


Рисунок 1.8 – Стартова сторінка Apps on Physics Walter Fendt.

Узагальнюючи вищенаведене, можна стверджувати, що у вільному доступі є чимало платформ, використання яких дозволяє удосконалити фізичний експеримент/ провести фізичний експеримент у випадку відсутності необхідного фізичного обладнання, удосконалити освітній процес з фізики на етапі базової середньої освіти. Суттєвою перевагою зазначених ресурсів є те, що вони не використовують Adobe Flash Player, який закінчив працювати 31.12.2020 р. Методичні рекомендації щодо використання віртуального фізичного експерименту у процесі викладання фізики у закладах базової середньої освіти наведені у другому розділі.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ У ПРОЦЕСІ ВИКЛАДАННЯ РОЗДІЛУ «РУХ І ВЗАЄМОДІЯ. ЗАКОНИ ЗБЕРЕЖЕННЯ»

2.1. Дидактичні основи використання віртуального експерименту у процесі вивчення фізики на етапі базової середньої освіти.

Фізика як одна з дисциплін природничого напрямку посідає одне з провідних місць при розв'язуванні загальних завдань навчання і розвитку підростаючого покоління. Вивчення фізики сприяє формуванню у школярів наукових уявлень про сучасні досягнення фізики та навколишній світ, наукової картини світу, наукового стилю мислення, розкриває тісний взаємозв'язок науки з життям, сприяє практичній спрямованості навчання взагалі.

Питання методики проведення шкільного фізичного експерименту знайшло своє відображення у доробках багатьох науковців, серед яких С.Величко, В. Вовкотруб, Г. Гайдучок, Т. Шамало, І. Коробова, В. Кух, Д. Костюкевич, В. Двораківський, В. Савченко, В. Тищук, Г. Цілінко, В. Чепуренко та інші.

Погоджуємось із думкою С.Величко, що у курсі фізики система шкільного фізичного експерименту представляє педагогічну систему, яка включає в себе чотири складові: 1 – діяльність вчителя, яка спрямована на організацію та проведення різних видів навчального експерименту і передачу учням системи знань, умінь та навичок, сприяє розвитку мислення та творчих здібностей учнів; 2 – діяльність учнів, яка спрямована на засвоєння основ фізики, а також самостійне одержання нових знань і набуття навичок самостійного пізнання природних явищ в результаті виконання фізичного експерименту, спостережень тощо; 3 – об'єкт вивчення і метод дослідження; 4 – навчальні технічні та наукові

засоби експериментального дослідження природних явищ, що включає матеріально-технічне та методичне оснащення кабінету фізики [10].

Загальновідомо, що навчальний фізичний експеримент одночасно виступає методом навчання, джерелом знань, засобом навчання, і дозволяє в освітньому процесі з фізики:

- ✓ продемонструвати фізичні явища, які вивчаються, у педагогічно трансформованому вигляді і створити необхідну експериментальну базу для їх вивчення;

- ✓ проілюструвати наукові закони та закономірності у доступній для учнів формі і зробити їх зрозумілими для них;

- ✓ ознайомити школярів із експериментальним методом дослідження фізичних явищ;

- ✓ продемонструвати роль фізичних явищ у роботі технічних пристроїв та побуті;

- ✓ підсилити інтерес учнів до вивчення фізики.

У своєму дослідженні не будемо зупинятися на питанні класифікації шкільного фізичного експерименту, оскільки воно широко розкрито у роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників, таких як С. Величко, І. Коробова, П. Атаманчук, В. Шарко та інші.

У сучасних умовах розвитку освіти доцільним не тільки осучаснення освітнього процесу, а й удосконалення шкільного навчального фізичного експерименту. Таку можливість надає віртуальний фізичний експеримент.

У своєму дослідженні спираємося на визначення «віртуального експерименту» зазначене у дисертаційному дослідженні О. Забари «віртуальний навчальний фізичний експеримент – це навчальний метод теоретичного пізнання, експеримент відтворений за допомогою комп'ютерних засобів з моделями фізичних об'єктів пізнання» [16].

У контексті зазначеного необхідно визначити основні дидактичні властивості віртуального фізичного експерименту. Аналіз науково-

методичної літератури з даної проблеми [16, 8] дозволив виділити ці дидактичні властивості:

1. інтерактивність – дозволяє учням не просто спостерігати за фізичним явищем/ процесом, а й змінювати умови перебігу, що дозволить побачити вплив змін на результат перебігу явища/процесу;

2. розширення меж сприйняття реальної дійсності – використання віртуального експерименту дозволяє візуалізувати фізичні поняття, а також змінювати параметри та умови фізичного експерименту у визначених програмою межах;

3. зміна властивостей фізичного простору – віртуальні симуляції/ лабораторії дозволяють моделювати ситуації, які неможливо реалізувати/ спостерігати в умовах фізичного кабінету. Комп'ютерні моделі фізичних об'єктів дозволяють створювати не тільки ідеальні об'єкти (ідеальний газ, ідеальна теплова машина), а й умови близькі до ідеальних моделей [16, 23].

Дидактичні властивості віртуального фізичного експерименту дозволили визначити його дидактичні функції:

1. залучення школярів до нових форм роботи, що ґрунтуються на самостійній пізнавальній діяльності;

2. оперативний зворотній зв'язок дозволяє здійснювати постійний контроль за освітньою діяльністю школярів;

3. віртуальний фізичний експеримент дозволяє організувати вивчення складного для розуміння навчального теоретичного матеріалу і полегшити його розуміння;

4. залучення школярів до дослідницької діяльності;

5. формування в учнів уявлень про виконання реального фізичного експерименту;

6. організації самостійної та творчої пізнавальної діяльності школярів у процесі дослідження фізичних явищ та процесів [16, 11].

Залучення віртуального експерименту до реального освітнього процесу та врахувавши доробки О. Іваницького, В. Заболотного, О. Забари, Н. Мислицької, І. Сальник дозволило уточнити дидактичні принципи навчання:

1. принцип науковості реалізується за рахунок використання учнями сучасних методів навчання: реальний та віртуальний фізичний експеримент;

2. принцип доступності забезпечує комплексне використання та поєднання реального та віртуального фізичного експерименту, що сприятиме ефективному викладенню теоретичного навчального матеріалу, формуванню у школярів системи фізичних знань та теорій;

3. принцип наочності забезпечується візуалізацією фізичних процесів, при цьому залучаються усі канали сприйняття та моторні відчуття;

4. принцип системності та послідовності реалізується за рахунок формування у школярів навичок організованості та послідовності у здобуті знань за допомогою віртуального експерименту;

5. принцип активності та свідомості забезпечується розкриттям змісту елементів фізичних знань, що підлягають усвідомленню та засвоєнню, шляхом залучення учнів до виконання віртуального фізичного експерименту;

6. принцип міцності знань реалізується комплексним використанням віртуального та реального фізичного експерименту із врахуванням міжпредметних зв'язків фізики з іншими дисциплінами, у тому числі й інформатика;

7. принцип єдності освітніх, розвивальних і виховних функцій освітнього процесу. Використання віртуального фізичного сприяє створенню умов для оволодіння учнями системою фізичних знань, практичних умінь та навичок, розвитку розумових здібностей, пам'яті та формуванню наукового світогляду [16, 24].

Враховавши виділені дидактичні принципи та функції віртуального фізичного експерименту нами були розроблені методичні рекомендації щодо використання віртуального фізичного експерименту в освітньому процесі з фізики на етапі базової середньої освіти. До складу методичних рекомендацій увійшли конспекти уроків та їх фрагменти з використанням віртуального фізичного експерименту.

2.2. Методика використання віртуального фізичного експерименту у процесі викладання з розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» у 9 класі.

Як зазначає у своїх роботах М. Садовий навчальний фізичний експеримент є основою вивчення фізики, який підводить учнів до розуміння сучасних методів дослідження, формує у них практичні уміння та навички [22].

Розглядаючи освітній процес з фізики з позиції системного підходу [26], можна стверджувати, що ця система складається з окремих елементів, між яким існують зв'язки. Зміни, спричинені будь-якими факторами, призводять до утворення нової структури. Враховуюче зазначене, навчальний фізичний експеримент необхідно розглядати як систему взаємопов'язаних елементів, до яких входять навчальне обладнання, методи та прийоми, технології виконання фізичного експерименту.

Таким чином, вчителю необхідно підходити до організації та проведення фізичного навчального експерименту зважено, враховуючи сучасні тенденції розвитку не тільки науки, а й засобі інформаційно-комунікативних технологій.

Оскільки предметом нашого дослідження є використання віртуального фізичного експерименту, нами було проведене анкетування серед вчителів фізики м. Херсона з метою вивчення їх досвіду використання віртуального експерименту у своїй професійній діяльності.

Анкетування проводилося за допомогою ресурсів Google. Кількість учителів, які прийняли участь у анкетуванні становить 11 осіб. Анкета для вчителів містила 6 питань, зміст яких спрямований на вивчення досвіду вчителів використання віртуального фізичного експерименту під навчання фізики.

На перше питання 81,8% опитаних вчителів зазначили, що використовують у своїй професійній діяльності віртуальний фізичний експеримент; натомість 18,2% опитаних зовсім не використовують віртуальний експеримент в освітньому процесі з фізики (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Розподіл відповідей вчителів на питання 1.

Друге питання анкети передбачало з'ясування, на якому етапі викладання дисципліни доцільно використовувати віртуальний фізичний експеримент. Відповіді респондентів розподілилися наступним чином: 45,5% використовують віртуальний фізичний експеримент на уроці викладання нового навчального матеріалу; 72,7% - використовують віртуальний експеримент під час виконання учнями домашнього експерименту як додаткового домашнього завдання; 63,3% - зазначили доцільним використання віртуального експерименту під час виконання лабораторної роботи (рис. 3.2).

2. На якому етапі викладання дисципліни доцільно використовувати віртуальний фізичний експеримент?



11 ответов

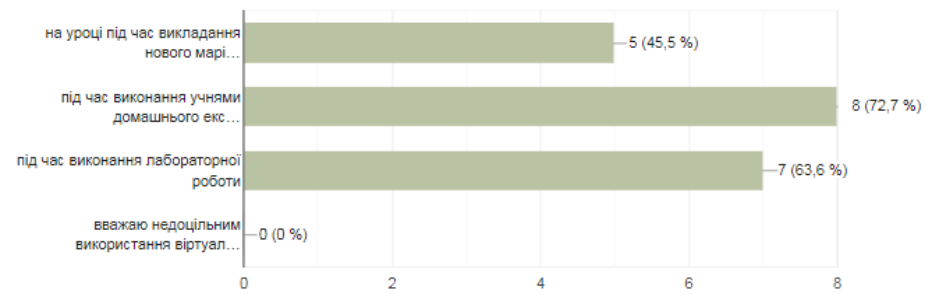


Рисунок 3.2 – Розподіл відповідей вчителів на питання 2.

При відповіді на питання щодо платформи або інтерактивного засобу, який використовує вчитель у своїй діяльності, найпопулярнішою платформою виявилася myPhysicsLab – 45,5%; PhET, VirtuLab, Lab4U – 27,3%; Apps on Physics Walter Fendt – 18,2%; MozaikEducation, Go-labz – 9,1% (рис. 3.3).

3. При використанні віртуального експерименту, які платформи та ітерактивні засоби ви використовуєте?

11 ответов

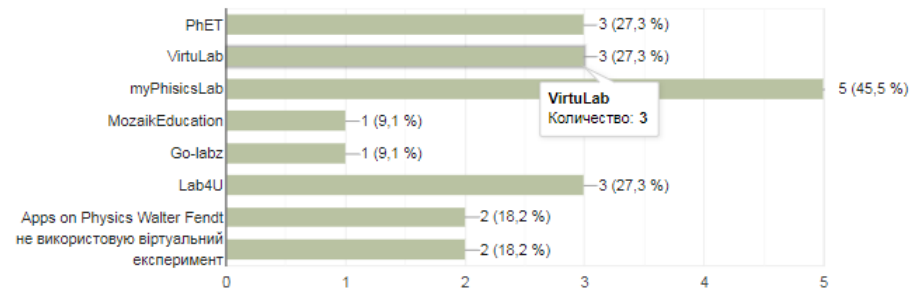


Рисунок 3.3 – Розподіл відповідей вчителів на питання 3.

У ході дослідження також виникло питання доцільності використання віртуального фізичного процесу в освітньому процесі фізики. Так, необхідність та доцільність впровадження в освітній процес віртуального фізичного експерименту, вчителі пояснювали так: зацікавити учнів фізикою – 18,2%, неможливість виконання експерименту в умовах шкільного фізичного кабінету та осучаснення

освітнього процесу та фізичного експерименту – 54,5%; відсутність необхідного фізичного обладнання – 81,8% (рис. 3.4).

4. У яких випадках доцільним є використання віртуального фізичного експерименту?

11 ответов

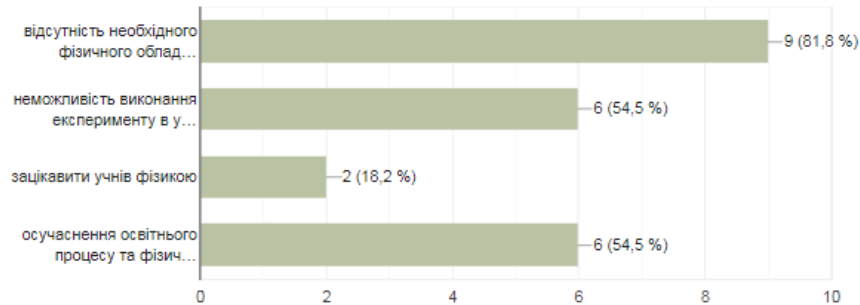


Рисунок 3.4 – Розподіл відповідей вчителів на питання 4.

Використання віртуального фізичного експерименту передбачає наявність необхідного обладнання: персональний комп'ютер для вчителя та робочі місця за персональним комп'ютером для учнів/планшети для учнів. Результати анкетування засвідчили, що лише 9,1% вчителів мають у своєму розпорядженні персональний комп'ютер та планшети для учнів; 18,2% респондентів зазначили, що не мають необхідного оснащення, при цьому учні використовують власні гаджети для виконання віртуального експерименту; 54,5% відмітили про часткове забезпечення необхідним обладнанням (персональний комп'ютер має вчитель, учні використовують власні гаджети) (рис. 3.5).

5. Чи маєте ви у достатній кількості обладнання (ПК, планшети) для проведення віртуального фізичного експерименту на уроках?

11 ответов



Рисунок 3.5 – Розподіл відповідей вчителів на питання 5.

Серед переваг використання віртуального фізичного експерименту, вчителі відмітили такі: 63,6% - осучаснення освітнього процесу з фізики; 54,5% - можливість виконання фізичних досліджень при відсутності необхідного обладнання; 45,5% - самостійне виконання учнями віртуальних лабораторних робіт з фізики; 36,45% - можливість спостереження за динамікою різних фізичних процесів, проведення пропедевтичної підготовки учнів до виконання реального фізичного експерименту; 27,3% - зацікавлення школярів фізикою; 18,2% - реалізація умов варіативного виконання лабораторної роботи (рис. 3.6).

6. На Вашу думку, які переваги має віртуальний фізичний експеримент?

11 ответов

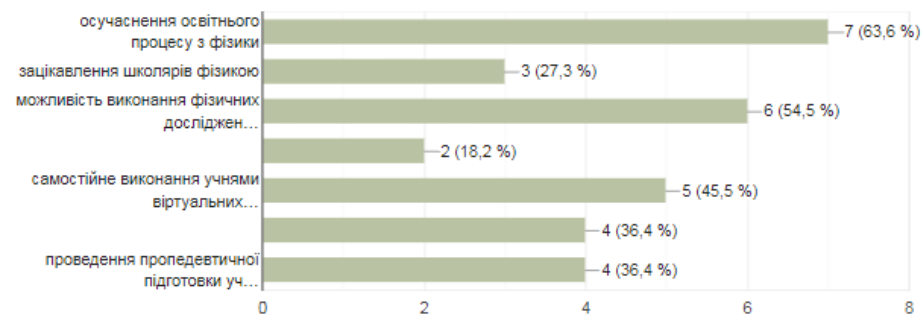


Рисунок 3.6 – Розподіл відповідей вчителів на питання 6.

Узагальнюючи отримані результати, можна стверджувати, що питання використання віртуального фізичного експерименту в освітньому процесі фізики є актуальним і потребує уточнення методичних аспектів. У зв'язку з цим нами були розроблені конспекти уроків з використанням віртуального фізичного експерименту під час викладання розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» у 9 класі.

Аналіз навчальної програми з фізики для 7-9 класів [18] засвідчив, що на вивчення розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» виділено 34 години. При цьому до обов'язкового навчального експерименту відносяться 7 демонстрацій (1. Рівноприскорений рух; 2. Падіння тіл у повітрі та розрідженому просторі; 3. Рух тіл під дією кількох сил; 4. Явище інерції; 5. Взаємодія тіл; 6. Реактивний рух; 7. Закони

збереження) та 1 лабораторна робота Вивчення закону збереження механічної енергії).

У межах кваліфікаційної роботи наведемо фрагменти уроків з використанням віртуального фізичного експерименту з використанням платформи Apps on Physics Walter Fendt. Конспекти уроків були розроблені з використанням підручників фізики для 9 класу [9, 13], а також педагогічного порталу «На урок» [20]. При розробці конспектів уроків нами був використаний віртуальний фізичний експеримент при демонстрації фізичного явища, розв'язуванні задач та виконанні лабораторної роботи.

Урок 1. Рівноприскорений прямолінійний рух. Прискорення. Швидкість рівноприскореного прямолінійного руху.

Вивчення нового матеріалу. Починаємо знайомство з рівноприскореним рухом. За різних обставин швидкість тіла може змінюватись. Змінним називають рух зі змінною швидкістю. Окремим випадком змінного руху є рівноприскорений рух.

Рівноприскорений прямолінійний рух – це такий рух, при якому за будь-які рівні проміжки часу швидкість змінюється на однакову величину і траєкторія руху є пряма. Якщо за такого руху швидкість тіла збільшується, то його називають рівноприскорений, а якщо зменшується – рівносповільненим. Рівноприскореним рухом можна вважати скочування візка по похилій площині, падіння тіл (якщо опором повітря можна знехтувати).

Однією з головних характеристик рівноприскореного руху є прискорення.

Чи спостерігали ви змагання легкоатлетів-спринтерів? Спортсмени майже миттєво зриваються з місця, частки секунди – і вони набирають швидкість, недоступну звичайній людині. Але хоч як швидко розганяються бігуни, серед них виявляються ті, які витрачають на розгін ледь-ледь більше часу і програють. Обізнана людина каже: «Не

вистачило прискорення». Про те, що таке прискорення і як воно пов'язане із швидкістю руху та часом, поговоримо сьогодні на уроці [20].

Проведемо віртуальний фізичний експеримент з використанням платформи Apps on Physics Walter Fendt. У розділі «Механіка» обрати «Рух з постійним прискоренням». На екрані з'явиться дві панелі: жовта та зелена. Зелена панель управління містить текстові поля, де можна змінювати початкові параметри: початкове положення, швидкість та прискорення. За допомогою кнопок вгорі праворуч можна повернути машину до початого положення/ зупини/ відновити моделювання. При цьому будуються одночасно три графіки: залежність координати від часу, залежність швидкості від часу, залежність прискорення від часу.

Встановивши початкові параметри експерименту натиснути кнопку «Почніть» (рис. 3.7). В кінці досліду на екрані будуть три графіки та змінені положення тіла (автомобіля).

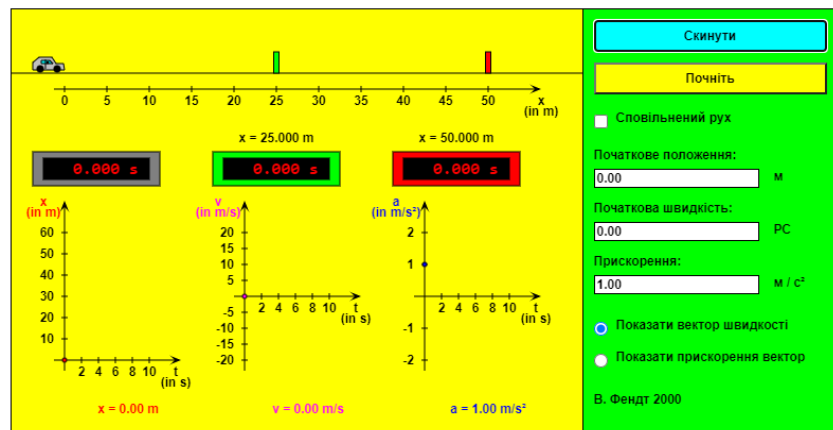


Рисунок 3.7 – Початок досліду.

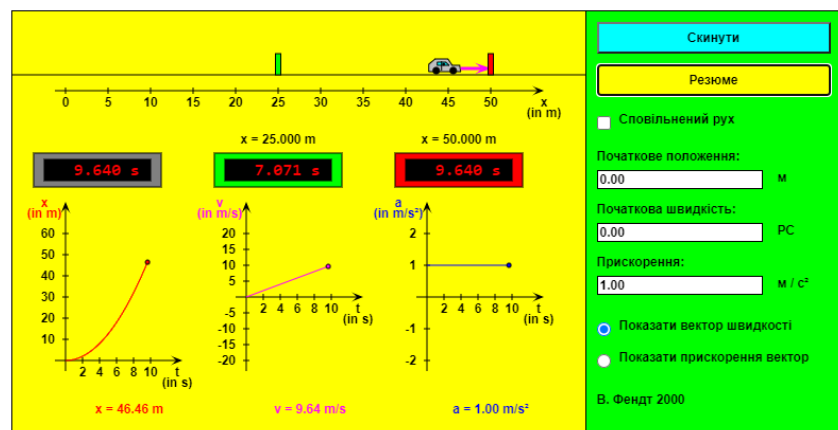


Рисунок 3.8 – Кінець досліду.

Учням доцільно запропонувати проаналізувати графік залежності швидкості від часу, з'ясувати як змінювалася швидкість за рівні проміжки часу та заповнити таблицю.

№	$v_1, \frac{м}{с}$	$v_2, \frac{м}{с}$	$\Delta v_1, \frac{м}{с}$	$\Delta t, с$
1	2,5	5	2,5	4-2=2
2	5	7,5	2,5	6-4=2
3	7,5	10	2,5	8-6=2

Проаналізувавши отримані результати, приходимо до висновку, що за рівні проміжки часу швидкість автомобіля змінювалася на однакову величину. Це свідчить про рівномірне зростання швидкості з часом. Для підтвердження отриманого висновку, учням можна запропонувати змінити початкові параметри експерименту та повторити його, зафіксувавши отримані результати.

Урок 2. Інерціальні системи відліку. Перший закон Ньютона.

На етапі закріплення навчального матеріалу уроку доцільним є виконання учнями вправ на визначення рівнодійної сили, що діє на тіло.

Задача. На рис. 3.9 зображено два тіла та сили, що діють на них (1 клітинка — 1 Н). Знайдіть напрямок і модуль рівнодійної сил, що діють на кожне тіло.



Рисунок 3.9 – Ілюстрація до задачі

При розв'язуванні даної задачі доцільним є використання додатку «Результат сил (додавання векторів)». На панелі управління необхідно обрати кількість сил. На полі, де розташовані вектори сил, встановити вектори так як потрібно (обрати напрямок, співвідношення між векторами) та натиснути кнопку «Дізнатися результуючу». Вектор червоного кольору буде вказувати напрям результуючої сили.

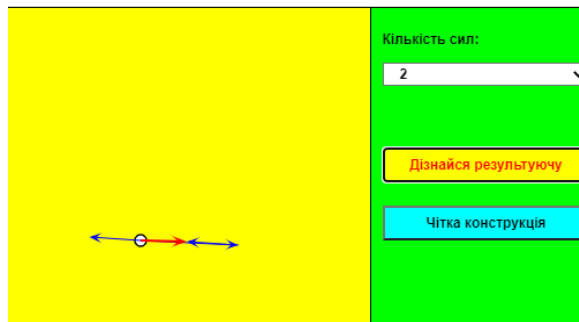


Рисунок 3.10 – Розв’язок задачі. Ч.1.

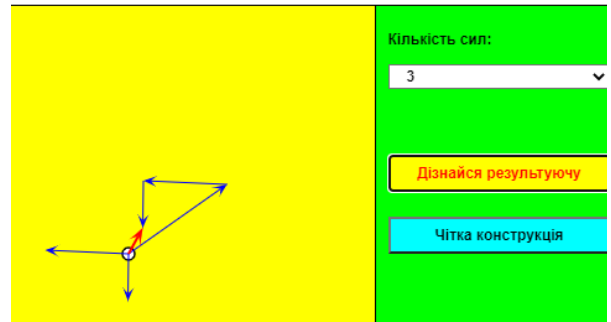


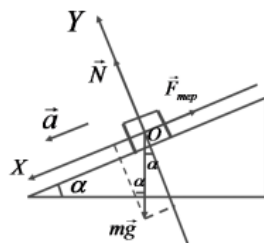
Рисунок 3.11 – Розв’язок задачі. Ч.2.

Необхідно відмітити, що під час проектування рівнодійної сили, здійснюється перенос векторів, при цьому учнів можуть повторити навчальний матеріал з геометрії (Паралельний перенос, Дії над векторами).

Урок 3. Рух тіла під дією декількох сил (урок розв’язування задач).

Задача №1. Сани масою 120 кг з’їжджають з гори завдовжки 20 м, нахиленої під кутом 30° до горизонту. Коли і з якою швидкістю вони досягнуть підніжжя гори, якщо коефіцієнт тертя 0,02?

Дано:
 $m=120$ кг
 $l=20$
 $\mu=0,02$
 $\alpha=30^\circ$



$$m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_t = m\vec{a}$$

$$Ox: mg \sin \alpha - F_t = ma \rightarrow a = \frac{mg \sin \alpha - F_t}{m}$$

$$Oy: F_t = \mu N = \mu mg \cos \alpha, \quad a = \frac{mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha}{m} = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)$$

$$t = \frac{at^2}{2} \rightarrow t = \sqrt{\frac{2l}{a}} = \sqrt{\frac{2l}{g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}}$$

$$v = at = g(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)t$$

$$t = \sqrt{\frac{2 * 20m}{9,8m/c^2(0,5 - 0,02 * 0,866)}} = 2,9c$$

$$v = 9,8m/c^2(0,5 - 0,02 * 0,866) * 2,9c = 13,7m/c$$

t-? v-?

Відповідь: 2,9 с; 13,7 м

Змодельовати ситуацію, описану у задачі можна за допомогою додатку «Похила площина». У панелі налаштувань необхідно встановити вагу тіла, кут нахилу похилої площини та коефіцієнт тертя. Дана модель демонструє рух тіла у режимі «Весняна шкала», при доцільності демонстрації напрямів сил необхідно переключити у режим «Вектори сил» (рис. 3.12). Недоліком роботи даної моделі є те, що вектори сил не підписані, з учнями необхідно обговорювати кожен із векторів.

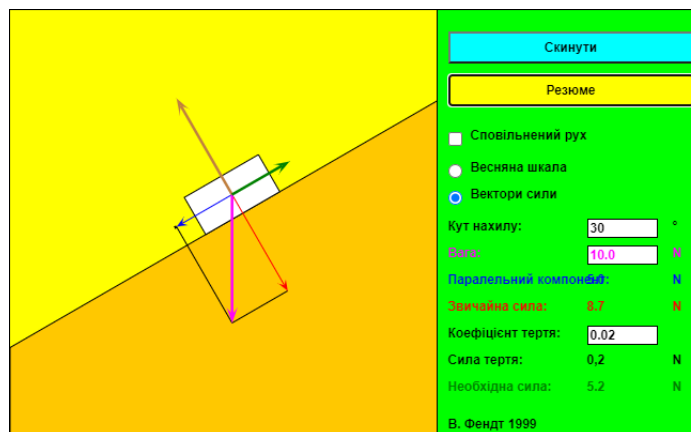


Рисунок 3.12 – Ілюстрація до задачі.

Урок 4. Лабораторна робота №7. Перевірка закону збереження механічної енергії.

При написанні конспекту уроку був використаний підручник В. Бар'яхтара [9] та зазначена у ньому інструкція виконання лабораторної роботи. При виконанні даної роботи доцільно використовувати платформу PhET, додаток «Маси та пружини».

Хід роботи

1. Обравши тягарець і знаючи його масу (на ньому вказано) визначте вагу тягарця.
2. Підвісьте тягарець до петлі пружини. На панелі управління оберіть «Довжина без навантаження», «Положення рівноваги», «Рухома лінія». Обрані лінії будуть позначені синім, зеленим та червоним

кольорами відповідно. Встановіть інструмент «Лінійка» біля пружини. Відтягнувши тягарець униз, запишіть положення 1 петлі пружини.

3. Відпустіть тягарець. Запишіть положення 2 петлі пружини, коли тягарець сягнув найбільшої висоти. Зверніть увагу: якщо положення 2 розташується вище, ніж початкове положення гачка пружини, дослід необхідно повторити зменшивши розтяг пружини та відповідно змінивши положення 1.

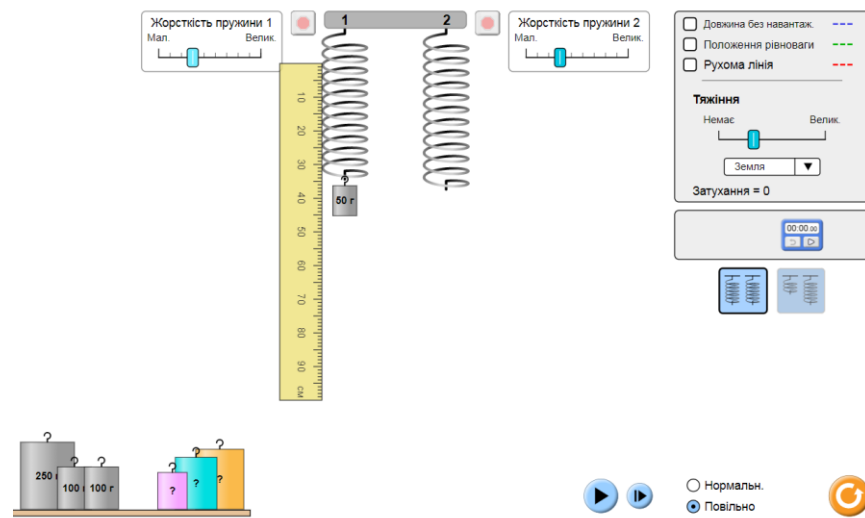


Рисунок 3.13 – Етапи виконання лабораторної роботи №7

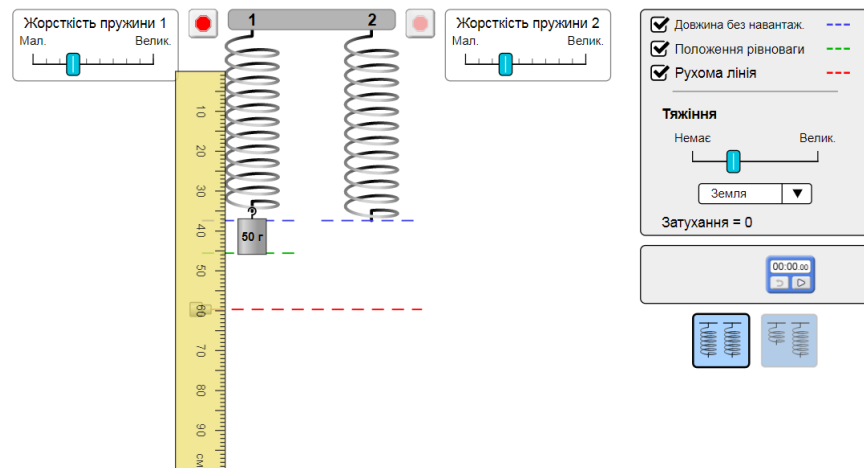


Рисунок 3.14 – Етапи виконання лабораторної роботи №7

4. Виміряйте сили пружності F_1 та F_2 , які виникають у пружині у разі її розтягу на x_1 та x_2 відповідно.

5. Вимірявши відстані між відповідними положеннями 1 та 2, визначте видовження x_1 та x_2 пружини, а також максимальну висоту h підйому тягарця.

6. Повторіть дії описані у попередніх пунктах, підвісивши до пружини два тягарця. Заповніть таблицю.

Номер досліджу	Вага тягарця P , Н	Видовження шнура		Сила пружності		Висота підйому h , м	Повна механічна енергія	
		x_1 , м	x_2 , м	F_1 , Н	F_2 , Н		E_1 , Дж	E_2 , Дж
1								
2								

7. Для кожного досліджу визначте: повну механічну енергію системи у стані 1; повну механічну енергію системи у стані 2.

8. Зробіть висновки.

Узагальнюючи отримані результати дослідження, можна стверджувати, що використання віртуального фізичного експерименту є доцільним при викладенні нового навчального матеріалу, виконанні лабораторної роботи та підготовки до неї, а також при розв'язуванні фізичних задач.

Перспективою подальших досліджень є розробка всіх конспектів уроків з розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» з використанням віртуального фізичного експерименту, впровадження в освітній процес з фізики закладу загальної середньої освіти та перевірка ефективності розроблених методичних рекомендацій.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-методичної літератури засвідчив, що навчальний фізичний експеримент є невід'ємною складовою частиною системи освітнього процесу з фізики. Проте, сучасні тенденції розвитку технічних засобів навчання та зміни в освітній галузі вимагають внесення змін та осучаснення освітнього процесу з фізики у закладах загальної середньої освіти. Однією з таких змін є залучення учнів до виконання віртуального фізичного експерименту. У своєму дослідженні спираємося на таке визначення віртуального фізичного експерименту – це «навчальний метод теоретичного пізнання, експеримент відтворений за допомогою комп'ютерних засобів з моделями фізичних об'єктів пізнання». У науковій літературі представлена класифікація віртуального фізичного експерименту. Зазначимо лише, що за характером навчального завдання віртуальний фізичний експеримент поділяють на: віртуальну демонстрацію, віртуальну симуляцію, віртуальну фізичну лабораторію. У роботі також визначені дидактичні умови організації та проведення віртуального фізичного експерименту.

2. Аналіз сучасного програмного забезпечення, яке дозволяє виконувати віртуальний фізичний експеримент, засвідчив, що усе різноманіття інтерактивних засобів можна поділити на дві групи: 1. потребує встановлення програмного засобу на персональний комп'ютер; 2. не потребує встановлення на персональний комп'ютер, можна працювати он-лайн. При цьому, чимало платформ для виконання віртуального фізичного експерименту є у вільному доступі. Серед найпоширеніших були виділені такі: платформа PhET, проект VirtuLab, платформа myPhysicsLab, український інтерактивний контент MozaikEducation, платформа Go-labz, інтерактивний програмний засіб Lab4U, інтерактивний ресурс Apps on Physics Walter Fendt. Більшість із цих ресурсів є англійськими, проте використання вбудованого у браузер перекладача полегшує роботу з ними. Суттєвою перевагою

зазначених ресурсів є те, що вони не використовують Adobe Flash Player, який закінчив свою роботу у 31.12.2020 р.

3. Результати анкетування вчителів засвідчили, що питання використання в освітньому процесі з фізики віртуального фізичного експерименту є актуальним і потребує розробки методичних рекомендацій щодо його використання. У зв'язку з цим нами були розроблені рекомендації використання віртуального фізичного експерименту під час викладання розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» у 9 класі. Врахувавши те, що навчальний експеримент є універсальним засобом та методом навчання, нами були розроблені фрагменти різних типів уроків (викладання нового навчального матеріалу, розв'язування фізичних задач, виконання лабораторної роботи) з використанням віртуального фізичного експерименту, при цьому були використані платформи Apps on Physics Walter Fendt та PhET. Загальна кількість фрагментів уроків (які були розроблені) - 6 уроків (проте, до роботи увійшли 4 розробки).

Перспективою подальших досліджень є розробка всіх конспектів уроків з розділу «Рух і взаємодія. Закони збереження» (9 клас) з використанням віртуального фізичного експерименту, впровадження в освітній процес з фізики закладу загальної середньої освіти та перевірка ефективності розроблених методичних рекомендацій.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Apps on Physics Walter Fendt. URL: <https://www.walter-fendt.de/html5/phen/index.html> (дата звернення: 10.03.2021)
2. Go-Lab. URL: <https://www.golabz.eu/> (дата звернення: 05.03.2021)
3. Lab4U. URL: <https://lab4u.co/en/lab-in-your-pocket/lab4physics/> (дата звернення: 01.03.2021)
4. Mozaik Education. URL: <https://www.mozaweb.com/uk/> (дата звернення: 03.03.2021)
5. PhET Interactive Simulations. URL: <https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?subjects=physics&type=html&sort=alpha&view=grid> (дата звернення: 10.03.2021)
6. Physics Simulation. URL: <https://www.myphysicslab.com/> (дата звернення: 01.03.2021)
7. VirtuLab Виртуальная образовательная лаборатория. URL: <http://www.virtulab.net/> (дата звернення: 03.03.2021)
8. Андреев В.И. Педагогика: учебный курс для творческого саморазвития. Казань: ЦИТ, 2000. 600 с.
9. Бар'яхтар В.Г., Довгий С.О., Божинова Ф.Я., Кірюхіна О.О. Фізика: підруч. для 9 класу загально світ. навч. закл. Харків: Видавництво «Ранок», 2017. 240 с.
10. Величко С.П. Розвиток системи навчального фізичного експерименту в сучасній середній школі. URL: <http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/20504> (дата звернення: 23.02.2021)
11. Вовкотруб В.П. Педагогічні принципи та ергономічні вимоги до шкільного фізичного експерименту. Кіровоград, 2007: КДПУ. 128 с.
12. Вовкотруб В., Подопрігора Н. Удосконалення класифікації видів шкільного фізичного експерименту за змістом, метою і методами

виконання. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*. Кіровоград, 2005. Випуск 60. С. 175 -178.

13.Головко Л.В., Коваль В.С., Мельник Ю.С., Непорожня М.В., Сіпій В.В. Фізика: підручник для 9 класу. Тернопіль: Педагогічна думка, 2018, 281 с.

14.Головко 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*. Київ, 2015. Том 47, №3. С. 36 -48

15.Гуржій А.М., Величко С.П., Жук Ю.О. Фізичний експеримент у загальноосвітньому навчальному закладі (організація та основи методики): навчальний посібник. К.: ІЗМН, 1999. 303 с.

16.Забара О.А. Методика виконання фізичного практикуму майбутніми вчителями фізики в умовах взаємозв'язку реального та віртуального навчального експериментів: дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. Кіровоград, 2015. 225 с.

17.Лукавий С. Використання віртуального фізичного експерименту у процесі навчання фізики у 9 класі

18.Навчальна програма з фізики для учнів 7-9 класів. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/navchalni-programi/navchalni-programi-5-9-klas> (дата звернення: 15.03.2021)

19.Нижегородов В. В., Бычкова Д. Д. Моделирующий виртуальный эксперимент. *Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров*: матер. 77-й междунар. научно-техничес. конф. Москва, 27–28 марта 2012 г., Москва, 2012. С. 343-349.

20.Освітній портал «На урок». URL: <https://naurok.com.ua/> (дата звернення: 15.03.2021)

21.Оспенников Н. А. Школьный физический эксперимент в условиях развития компьютерных технологий обучения. *Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании.* 2006. №2. С. 47-51. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/shkolnyy-fizicheskiy-eksperiment-v-usloviyah-razvitiya-kompyuternyh-tehnologiy-obucheniya>

22.Садовый М.І. Навчальний експеримент у системі вивчення фізики в загальноосвітній школі. *Наукові записки Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Винниченка. Сер.: Педагогічні науки.* Кіровоград, 2012. №. 109. С. 3-10.

23.Сальник І. Проблеми використання електронних засобів навчального призначення в системі шкільного фізичного експерименту. *Психолого-педагогічні проблеми сільської школи.* 2014. Вип. 48 С. 138-146. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppps_2014_48_23

24.Сальник І.В. Віртуальне та реальне у навчальному фізичному експерименті старшої школи: теоретичні основи: монографія. Кіровоград: ФОП Александрова М.В., 2015. 324 с.

25.Федишин О. Навчальний фізичний експерименту у формуванні експериментальної компетентності учнів при вивченні фізики на профільному рівні. *Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П.Драгоманова. Серія: Педагогічні науки: реалії та перспективи.* Київ, 2017. Випуск 59. С. 198 – 203

26.Шарко В.Д. Теоретичні засади методичної підготовки вчителя фізики в умовах неперервної освіти: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Київ, 2006. 444 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Додаток Б

Анкета для вчителів

1. Чи використовуєте Ви в своїй професійній діяльності віртуальний фізичний експеримент?
 - А) так б) ні
2. На якому етапі викладання дисципліни доцільно використовувати віртуальний фізичний експеримент?
 - А) на уроці під час викладання нового матеріалу
 - Б) під час виконання учнями домашнього експерименту як додаткового домашнього завдання
 - В) під час виконання лабораторної роботи
 - Г) вважаю недоцільним використання віртуального експерименту
3. При використанні віртуального експерименту, які платформи та інтерактивні засоби ви використовуєте?
 - А) PhET б) VirtuLab в) myPhysicsLab
 - Г) MozaikEducation д) Go-labz е) Lab4U
 - Д) Apps on Physics Walter Fendt ж) не використовую віртуальний експеримент
4. У яких випадках доцільним є використання віртуального фізичного експерименту?
 - А) відсутність необхідного фізичного обладнання
 - Б) неможливість виконання експерименту в умовах шкільного фізичного кабінету
 - В) зацікавити учнів фізикою
 - Г) осучаснення освітнього процесу та фізичного експерименту
5. Чи маєте ви у достатній кількості обладнання (ПК, планшети) для проведення віртуального фізичного експерименту на уроках?
 - А) так (у кабінеті є ПК та планшети для учнів/ПК для учнів)
 - Б) ні (учні використовують власні гаджети)
 - В) частково (у кабінеті є ПК для вчителя, учні користуються власними гаджетами)
 - Г) не використовую віртуальний фізичний експеримент
6. На Вашу думку, які переваги має віртуальний фізичний експеримент?
 - А) осучаснення освітнього процесу з фізики
 - Б) зацікавлення школярів фізикою
 - В) можливість виконання фізичних досліджень при відсутності необхідного обладнання
 - Г) реалізація умов варіативного виконання лабораторної роботи
 - Д) самостійне виконання учнями віртуальних лабораторних робіт з фізики
 - Є) можливість спостереження за динамікою різних фізичних процесів
 - Ж) проведення пропедевтичної підготовки учнів до виконання реального фізичного експерименту