

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

Фізико-математичний факультет  
Кафедра фізики та методики її навчання

**Кваліфікаційна робота**

**МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ ЯВИЩ ЗА ДОПОМОГОЮ  
КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ НА  
УРОКАХ ФІЗИКИ У 7 КЛАСІ НУШ**

**Спеціальність 014 Середня освіта (за предметними спеціальностями)  
Освітня програма «Середня освіта (Фізика та астрономія, математика)»**

Здобувача другого (магістерського) рівня  
вищої освіти

Рапінди Романа Васильовича

**НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:**

кандидат педагогічних наук, доцент

Мацюк Віктор Михайлович

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

доктор фізико - математичних наук,  
професор кафедри математики та  
методики її навчання ТНПУ ім. В.  
Гнатюка

Грод Іван Миколайович

Тернопіль – 2025

## АНОТАЦІЯ

**Рапінда Р.В. Моделювання фізичних явищ за допомогою комп'ютерних технологій та його застосування на уроках фізики у 7 класі НУШ.** Магістерська робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» зі спеціальності 014 Середня освіта. ТНПУ ім. В. Гнатюка. Тернопіль, 2025. 70 с.

У першому розділі магістерської роботи «Теоретичні основи комп'ютерного моделювання як методу дослідження та навчання» висвітлено сутність моделювання і його значення в освітньому процесі. Крім того тут проаналізовано вітчизняний і зарубіжний досвід використання комп'ютерного моделювання у викладанні фізики, а також зазначено основні види, функції та етапи створення моделей у школі.

У другому розділі «Методика використання моделювання під час вивчення фізики у 7 класі НУШ» розглянуто методичні підходи до інтегрування комп'ютерних моделей в навчальний процес. Також наведено приклади використання віртуальних симуляцій, цифрових лабораторій і онлайн-ресурсів (PhET, Vascak, Simpor тощо). Окрім того тут показано їхній вплив на розвиток пізнавальної активності, дослідницьких умінь і цифрової компетентності учнів.

Результатом роботи є створення методичного забезпечення з використанням комп'ютерних моделей фізичних явищ та процесів.

Ключові слова: фізика, комп'ютерне моделювання, цифрові технології, віртуальні симуляції, 7 клас, НУШ, навчальний процес.

## ABSTRACT

**Rapinda R.V. Computer-based modeling of physical phenomena and its application in Physics lessons at school.** Master's thesis for the degree of «Master» in the specialty 014 Secondary Education. V. Hnatyuk Ternopil National Polytechnic University. Ternopil, 2025. 70 p.

The first chapter of the master's thesis «Theoretical Foundations of Computer Modeling as a Research and Teaching Method» highlights the essence of modeling

and its importance in the educational process. In addition, the article analyzes domestic and foreign experience in using computer modeling in teaching physics, and also indicates the main types, functions, and stages of creating models at school.

The second section, «Methodology of using modeling when studying physics in the 7th grade of the National Secondary School», examines methodological approaches to integrating computer models into the educational process. Examples of the use of virtual simulations, digital laboratories and online resources (PhET, Vascak, Simpop, etc.) are also provided, in addition to showing their impact on the development of cognitive activity, research skills and digital competence of students.

The result of the work is the creation of methodological support using computer models of physical phenomena and processes.

**Keywords:** physics, computer modeling, digital technologies, virtual simulations, 7th grade, National Secondary School, educational process.

## ЗМІСТ

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ВСТУП</b> .....                                                                                       | 5  |
| <b>РОЗДІЛ І. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО<br/>МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАВЧАННЯ</b> ..... | 9  |
| 1.1. ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ У ВІТЧИЗНЯНІЙ ТА<br>ЗАКОРДОННІЙ НАУКОВІЙ ЛІТЕРАТУРІ .....                | 9  |
| 1.2. РОЛЬ МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ОГЛЯДУ НА<br>СУЧАСНІ ДЕРЖАВНІ СТАНДАРТИ .....              | 19 |
| 1.3. ОСНОВНІ ВИДИ, ФУНКЦІЇ ТА ЕТАПИ МОДЕЛЮВАННЯ В ШКОЛІ<br>.....                                         | 25 |
| 1.3.1. Класифікація моделей.....                                                                         | 25 |
| 1.3.2. Функції комп'ютерного моделювання.....                                                            | 27 |
| 1.3.3. Основні етапи створення моделей .....                                                             | 28 |
| <b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ І</b> .....                                                                       | 30 |
| <b>РОЗДІЛ ІІ. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС<br/>ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ У 7 КЛАСІ НУШ</b> .....      | 31 |
| 2.1. ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОГО<br>КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ .....                  | 31 |
| 2.2. ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ФІЗИЧНИХ<br>ПРОЦЕСІВ У КУРСІ ФІЗИКИ 7 КЛАСУ .....                 | 34 |
| 2.2.1. Комп'ютерне моделювання у розділі «Фізика як природнича наука»,<br>«Механічний рух» .....         | 34 |
| 2.2.2. Комп'ютерне моделювання у розділі «Взаємодія тіл. Сила» .....                                     | 37 |
| 2.2.3. Комп'ютерне моделювання у розділі «Тиск твердих тіл, рідин та газів»<br>.....                     | 39 |
| 2.2.4. Комп'ютерне моделювання у розділі «Механічна робота та енергія»                                   | 41 |
| 2.3. ІНКЛЮЗИВНЕ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ<br>КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ .....                               | 43 |
| <b>ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ ІІ</b> .....                                                                      | 47 |
| <b>ВИСНОВКИ</b> .....                                                                                    | 48 |
| <b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....                                                                  | 51 |
| <b>ДОДАТКИ</b> .....                                                                                     | 56 |

## ВСТУП

На сучасному етапі розвитку освіти однією з основних її задач є формування цілеспрямованих, самостійних особистостей, які здатні навчатися та ефективно працювати впродовж усього свого життя. Учні мають великий пізнавальний потенціал й бажання вчитися новому. Тому вчителі у своїй роботі повинні використовувати різноманітні засоби, які допоможуть підтримувати і розвивати їхню природну допитливість, виховувати інтерес, старанність та наполегливість. Новий державний стандарт визначає мету середньої освіти як «різнобічний розвиток, виховання й соціалізацію людини, яка усвідомлює себе громадянином України, та може жити як в природній так і в цивілізованій взаємодії з суспільством» крім того має прагнення до самовдосконалення та навчання протягом усього свого життя і самовизначення, готовності до громадянської активності та праці» [22]. Забезпечити реалізацію цієї мети на уроках фізики допоможуть цифрові технології, зокрема комп'ютерне моделювання фізичних явищ та процесів.

Моделювання у фізиці ґрунтується на компетентнісному підході. Це означає, що учням не потрібно запам'ятовувати визначення термінів та понять, а активно будувати знання, формувати навички через практичний досвід. Впроваджуючи його у навчальний процес, вчителі можуть досягти очікуваних результатів навчання.

Комп'ютерне моделювання є потужним інструментом наукового пізнання та сприяє формуванню світогляду з позицій єдиного підходу до вивчення різних явищ у навколишньому світі, оскільки вимагає інтеграції знань з декількох дисциплін. Впровадження у навчальний процес комп'ютерно-орієнтованих технологій навчання, відкриває перспективи для розширення і поглиблення теоретичної бази знань, широкого спектру, а також надання результатам навчання більшої практичної спрямованості, інтеграції предметів, диференціації навчання відповідно до потреб, нахилів і здібностей учнів та активізації процесу навчання [2].

Застосування комп'ютерних моделей і віртуальних лабораторій дає вчителю можливість наочно відтворювати спрощені варіанти реальних фізичних явищ. Крім того поступово до моделі можна додавати нові елементи й накладати певні умови, що робить її складнішою та більш наближеною до реальності. Особливо цінним є те, що за допомогою таких технологій можна демонструвати процеси, які неможливо провести у шкільному кабінеті фізики, наприклад, явища мікро- чи макросвіту або роботу ядерних реакторів тощо [24].

Актуальність питання використання комп'ютерного моделювання для вивчення фізики полягає в тому, що розвиток науки та техніки ХХІ ст. вимагають сучасного викладання, яке враховує ці досягнення. Вміле поєднання комп'ютерних технологій з традиційними методами навчання дасть бажані результати: високий рівень ключових знань та усвідомлення їхнього практичного застосування.

Крім того, відповідно до модельної навчальної програми «Фізика. 7–9 класи» (Головко та ін., 2023), вивчення фізики у базовій школі спрямовано на формування в учнів дослідницьких компетентностей, умінь аналізувати природні явища та застосовувати фізичні знання у практичних ситуаціях.

Програма визначає провідну роль експерименту, спостереження та моделювання як основних методів наукового пізнання, що реалізуються через діяльнісний підхід і використання цифрових засобів навчання [6].

Отже, застосування комп'ютерного моделювання у дослідженні є логічним продовженням вимог цієї програми.

Враховуючи все вищезазначене, **метою даної роботи** є дослідження, створення та використання комп'ютерних моделей фізичних явищ під час науково - дослідницької діяльності учнів 7 класу в освітньому процесі на уроках фізики.

Згідно з модельною навчальною програмою «Фізика. 7–9 класи» (Максимович З. Ю. та ін., 2023), курс фізики базової середньої освіти

спрямовано на формування цілісної картини світу, розвиток наукового мислення, дослідницьких навичок та екологічного стилю поведінки. У програмі особливо наголошується на застосуванні новітніх педагогічних технологій, зокрема STEM/STEAM, а також цифрових інструментів і комп'ютерного моделювання як засобів активного навчання [19].

Це узгоджується з метою даного дослідження — впровадження комп'ютерного моделювання для підвищення ефективності вивчення фізики в 7 класі Нової української школи.

Враховуючи мету магістерської роботи, необхідно вирішити такі **завдання:**

1. З'ясувати стан дослідження питання використання та впровадження в освітній процес інтерактивних технологій навчання для створення комп'ютерних моделей фізичних явищ на уроках фізики.
2. Розкрити дидактичні можливості комп'ютерного моделювання в освітньому процесі.
3. Проаналізувати засоби створення й використання комп'ютерних моделей фізичних явищ під час науково-дослідної діяльності учнів.
4. Розробити методику впровадження комп'ютерних моделей фізичних явищ під час науково-дослідницької діяльності учнів у 7 класі з фізики.

**Об'єкт дослідження:** навчально-виховний процес з фізики у 7 класі в освітньому середовищі НУШ.

**Предмет дослідження** — процес створення та використання комп'ютерних моделей у процесі навчальної діяльності учнів 7 класу НУШ.

**Гіпотеза дослідження:** якщо під час навчання фізики учнів 7 класу НУШ використовувати інтерактивні цифрові технології для розроблення комп'ютерних моделей фізичних явищ, то це сприятиме оптимізації навчання, розвитку пізнавального інтересу в школярів до вивчення фізичної науки.

Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків й списку використаних джерел.

У першому розділі розглянуто теоретичні основи моделювання як методу навчання та його роль у навчальному процесі. Другий розділ описує методику використання моделювання в процесі вивчення фізики у 7 класі.

## **РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАВЧАННЯ**

### **1.1. ОГЛЯД ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ У ВІТЧИЗНЯНІЙ ТА ЗАКОРДОННІЙ НАУКОВІЙ ЛІТЕРАТУРІ**

Проблема моделювання є однією з основних в сучасній науці. У вітчизняній і зарубіжній навчальній літературі описано широкий перелік підходів і методів моделювання, що активно впроваджувалися в різноманітних сферах – від природничих наук та техніки до економічних напрямків.

Моделювання посідає важливе місце серед методів наукового пізнання і є чудовим засобом активізації пізнавальної роботи учнів, що вже давно стало важливою складовою освітнього процесу.

Ідея моделі як такої полягає не в тому, щоб досягти кінцевої мети, вивчити якесь поняття, явище чи процес а в тому, щоб усвідомити світ загалом. Це означає, що їх можна розглядати не тільки як теорії, створені для дослідження чи спостереження явищ але й можна стверджувати, що моделі чи є представленням чогось, чи використовуються для чогось, тим самим генеруючи нові дані.

Коли моделі використовують для показу чи пояснення, вони як правило відображають уже відомі нам дані — тобто показують те, що вже сталося [34]. Наприклад, модель руху тіла під дією сили допомагає учням побачити результати попередніх експериментів і те, як змінювалася швидкість чи траєкторія.

А коли моделі застосовують для передбачення майбутніх подій або ж для кращого розуміння навколишнього світу, то вони допомагають дивитися вперед [34]. Наприклад, за допомогою моделі польоту ракети можна передбачити не тільки її висоту але й швидкість у різні моменти часу.

Поєднуючи обидва підходи — погляд у минуле й у майбутнє — моделі стають зв'язком між науковими знаннями та їх практичним

використанням, як-от у розрахунках електричних схем чи прогнозуванні поведінки хвиль у середовищі.

Моделі ми бачимо і в нашому повсякденному житті. Наприклад, за допомогою фізичних моделей можна передбачити погоду, оскільки вона залежить від змін тиску, температури й руху повітряних мас. Моделі теплопередачі показують, як будинок нагрівається чи остигає через передачу тепла від більш гарячих тіл до більш холодних. А моделі руху транспорту допомагають краще зрозуміти, як сили тертя, прискорення та гальмування впливають на рух транспорту. Усе це допомагає краще пояснювати явища навколо нас і робить фізичні явища та процеси більш зрозумілими.

Дамо наукове роз'яснення та порівняємо значення поняття «модель» у різних словниках. Філософський словник трактує його так: моделювання-це спосіб дослідження певного тіла шляхом вивчення його моделі, яка є аналогом певного фрагмента природної або соціальної реальності, що функціонує у дослідженні як заміник або представник певного фрагмента природної або й соціальної реальності [37, с. 304].

Згідно з педагогічним словником, модель являє собою геометричну фігуру або тіло, ілюстрацію математичної теореми чи формули, що пояснює або визначає абстрактне поняття, математичний закон або аксіому [7, с. 159].

За тлумачним словником української мови лексичне значення слова «модель» означає:

- 1) зразок, який відтворює чи імітує будову або дію предмета;
- 2) уявне або умовне (опис, зображення, схема, рисунок тощо) зображення, яке використовується як представник предмета, процесу чи явища.

**Моделювання** - це вивчення об'єкта, системи, явища чи процесу шляхом моделювання [35, с. 486].

**Фізичне моделювання** - це представлення об'єкта у вигляді зменшеної або збільшеної копії, що дає змогу здійснювати дослідження (переважно в лабораторних умовах). Результати, отримані на моделі, поширюють на реальний об'єкт. [2].

Моделювання напряду пов'язане з абстракцією, аналогією та гіпотезою. Використання моделей у навчанні дітей зумовлено закономірністю їхньої навчальної діяльності: за словами К. Ушинського, діти мислять «формами, звуками, кольорами й відчуттями». Дитяче мислення є наочно-образним. Саме тому принцип наочності є таким важливим у навчанні учнів. Це питання піднімали ще Я.А. Коменський, І.Г. Песталоцці, А. Дістервег і К.Д. Ушинський.

Я.А. Коменський першим заговорив про значення наочності у дидактиці. Він радив, що «якщо об'єкти недоступні, замість них можна використовувати фотокопії або зображення, зроблені для навчання» [27, с. 274]. Запропонований ним наочний метод осучаснився і тепер включає в себе не лише ілюстрації але й використання інформаційно – комунікаційних технологій на уроках, що сприяло розвитку комп'ютерного моделювання та його впровадження в освітній процес [26].

**Вітчизняний досвід** застосування моделювання у викладанні фізики спирається на створення методик, які сприяють формуванню в школярів критичного мислення, підтримують розвиток наукового погляду на осягнення фізичних процесів та вироблення умінь вирішувати практичні завдання. Застосування моделювання при опануванні фізики в Україні має певні прояви, зумовлені освітньою практикою, помірним навчально-методичним та технічним забезпеченням, особливостями навчальних планів.

Розглянемо основні напрями вітчизняного досвіду моделювання у фізичній освіті (див. схема 1.1.1):



Схема. 1.1.1. Вітчизняний досвід моделювання

Кожен з запропонованих підходів впровадження комп'ютерного моделювання у вітчизняний освітній процес має свої особливості. Розглянемо їх детальніше (див. табл. 1.1.1):

Таблиця 1.1.1

|    |                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Теоретичне моделювання                           | У вітчизняній педагогіці моделювання розглядається як один зі способів формування у дітей уявлень про фізичні процеси. Наприклад, учням надаються теоретичні моделі, такі як модель ідеального газу, механічного руху тощо, для показу фізичних процесів. Це їм дозволяє розвинути загальне розуміння законів фізики |
| 2. | Експериментальна робота з елементами моделювання | Під час вивчення фізики в українських школах учні здійснюють експериментальні роботи з фізичними моделями маятників, електричних ланцюгів і механічних систем                                                                                                                                                        |

|    |                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                                                           | тощо [12]. Вони дозволяють учасникам освітнього процесу спостерігати за різними фізичними явищами. А це сприяє їх кращому розумінню. А також за допомогою таких моделей можна продемонструвати, як працюють закони фізики (наприклад, пристрої з важелями, блоками, демонстрації законів Ньютона чи законів інерції тощо). Це дозволяє учням візуалізувати навчальний матеріал.                                                                                                                                  |
| 3. | Комп'ютерна симуляція та інтерактивне моделювання         | <p>Останніми роками великої популярності в українських школах для викладання фізики набуло впровадження комп'ютерних технологій та цифрового моделювання, наприклад, PhET [12], Solar System Scope тощо.</p> <p>Використання різноманітних цифрових симуляцій дозволяє учням спостерігати за змінами параметрів моделі в режимі реального часу. Це цікаво, нестандартно і тим самим сприяє покращенню якості навчання, особливо коли традиційні лабораторні експерименти неможливі через технічні обмеження.</p> |
| 4. | Інтеграція моделювання в навчальні програми та підручники | Моделювання стає важливим компонентом сучасної фізичної освіти в Україні, а навчальні матеріали все частіше містять завдання, спрямовані на самостійне створення учнями моделей фізичних процесів.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|    |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. | Проектне навчання з фізики          | Проектно-орієнтоване навчання, що передбачає комп'ютерне моделювання набуває все більшої популярності у вітчизняній системі освіти. Учні створюють дослідницькі проекти, в яких застосовують різні моделі для аналізу конкретної фізичної ситуації, наприклад, вивчення механічних коливань або руху об'єкта під дією сили тяжіння. Даний підхід розвиває в учнів аналітичні навички                                                                                                                                                                                                 |
| 6. | Аналіз моделей та критичне мислення | <p>Вітчизняні педагоги почали все частіше ставити питання про розвиток критичного мислення, використовуючи моделювання. Вчителі вчать учнів аналізувати моделі, виявляти спрощення, що використовуються в моделях, та обговорювати, наскільки певні аспекти відповідають реальності [12].</p> <p>Це сприяє логічному мисленню, здатності критично оцінювати ситуацію тощо. А також допомагає розвивати науковий підхід до розуміння фізики, коли учні вчаться сприймати моделі не як своєрідні «шаблони», а як інструменти, з чією допомогою можна інтерпретувати складні явища.</p> |

Незважаючи на позитивні результати, існують певні труднощі у впровадженні комп'ютерного моделювання в український освітній процес. Основними проблемами є недостатнє технічне оснащення шкіл та відсутність доступу до сучасних комп'ютерних обладнань та лабораторій, що зменшує можливості використання комп'ютерного моделювання та цифрової симуляції у навчанні фізики.

Міжнародний досвід розроблення інструментів моделювання для навчання фізики свідчить, що цей підхід є ефективним для формування в учнів глибокого розуміння фізичних явищ і розвитку критичного мислення. У багатьох країнах, зокрема у США, Німеччині, Великій Британії та Фінляндії, моделювання активно впроваджується в шкільні програми з фізики. Дослідження в інших країнах показують, що використання моделювання сприяє глибшому засвоєнню знань, розвиває аналітичні навички та підвищує навчальну мотивацію учнів.

Розглянемо основні досягнення в галузі комп'ютерного моделювання на уроках фізики за кордоном (див. схема. 1.1.2):



Схема. 1.1.2. Закордонний досвід моделювання

Проаналізуємо ці пункти та зупинимось на кожному з них з метою подальшого аналізу та порівняння з вітчизняним досвідом. Це дозволить виявити сильні та слабкі сторони підходів, а також визначити напрями для вдосконалення у майбутньому як у нас в країні, так і за її межами (див. табл. 1.1.2).

Таблиця 1.1.2

|    |                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Комп'ютерне моделювання й симуляція                         | <p>У Європі й США комп'ютерне моделювання є освітнім інструментом.</p> <p>Інтерактивні симуляції допомагають учням розвивати навички спостереження за фізичними явищами й процесами та експериментування. Крім того, побачивши ту чи іншу фізичну модель вони можуть змінювати її параметри й спостерігати за результатами в реальному часі</p>                                                                                 |
| 2. | Моделювання, що ґрунтується на основі дослідницьких методів | <p>Зарубіжні навчальні заклади під час навчання фізики часто використовують дослідницький підхід, коли учні не лише вивчають готові моделі, а й створюють свої власні та обґрунтовують отримані дані. Такий підхід називається Model Based Inquiry (MBI) [10].</p>                                                                                                                                                              |
| 3. | Навчання на основі проєктів з моделюванням                  | <p>В таких країнах як Німеччина та Велика Британія досить поширеним й цікавим методом викладання фізики є метод проєктів. Тут є можливість моделювати реальні процеси, закони та фізичні явища. Учні мають можливість створювати як індивідуальні, так і групові проєкти, що можуть включати в себе віртуальні симуляції, наприклад, руху Землі, умови плавання тіл, закони Ньютона або роботи механічних систем тощо [10].</p> |
| 4. | Використання                                                | <p>В багатьох країнах, скажімо в США,</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|    |                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | концептуального моделювання | Австралії й Канаді, концептуальні моделі активно використовуються для пояснення складних фізичних понять. Для пояснення таких тем, як електромагнетизм і квантова фізика, подаються вибрані метафори та аналогії, щоб абстрактні поняття стали більш зрозумілими.                                                                                                                                                                                                 |
| 5. | Оцінювання й аналіз моделей | Зарубіжні освітні системи активно впроваджують методи оцінювання моделей, коли учні не лише створюють чи використовують моделі, але й мають аналізувати їхню відповідність реальним явищам. Наприклад, вони можуть обговорити, яким чином спрощення моделі впливає на точність результатів та де можуть виникати помилки.                                                                                                                                         |
| 6. | Технічні ресурси            | У закордонних школах та університетах велика увага приділяється технологічному забезпеченню. Школи з вільним доступом до комп'ютерного обладнання мають можливість користуватись спеціалізованим програмним забезпеченням для фізичного моделювання й можуть впроваджувати новітні методи в класі. У деяких школах, особливо в США, активно використовуються сучасні лабораторії, оснащені технологіями VR і AR, що дозволяє глибше інтегрувати моделювання [10]. |

Якщо порівняти вітчизняний та зарубіжний досвід, то можна побачити, що вітчизняний продовжує розвиватися, інтегруючи нові підходи

та технології. А подальше вдосконалення навчально-матеріального та технологічного оснащення навчальних закладів а також підвищення кваліфікації вчителів дасть змогу інтегрувати більш сучасні методи та наблизити фізичну освіту до сучасних стандартів.

Зарубіжний ж досвід показує, що у країнах з розвиненою системою освіти учні не лише використовують готові моделі, а й мають можливість створювати й аналізувати їх.

На основі вищесказаного зробимо порівняльну таблицю використання моделювання у викладанні фізики в Україні та за кордоном (див. табл. 1.1.3):

Таблиця 1.1.3

| Критерій                      | Україна                                                                | Зарубіжні країни                                                                                         |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Підхід до впровадження</i> | Впровадження є частковим на рівні окремих шкіл і вчителів.             | Системне включення в навчальні програми на національному рівні (наприклад, у Фінляндії, США, Сінгапурі). |
| <i>Програмне забезпечення</i> | Використовуються активно PhET, GeoGebra, Mozaik, Vascak.               | Використовується велика кількість інструментів, включаючи віртуальну реальність (VR).                    |
| <i>Навчання вчителів</i>      | Переважає реалізується через вебінари, курси, тренінги або самоосвіту. | Передбачається офіційне підвищення кваліфікації у сфері STEM- та ІКТ-компетентностей.                    |
| <i>Освітня інфраструктура</i> | Обмежене у технічне забезпечення в багатьох школах, особливо у         | Більшість шкіл забезпечені комп'ютерними класами й швидкісним інтернетом.                                |

|                                    |                                                                                                                              |                                                                                                                 |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    | сільській місцевості.                                                                                                        |                                                                                                                 |
| <i>Доступ до цифрових ресурсів</i> | Існує безкоштовний доступ до багатьох симуляцій, але не всі українські школи мають стабільне підключення до мережі інтернет. | Постійне сприяння державних і міжнародних програм у забезпеченні закладів освіти цифровими ресурсами.           |
| <i>Методика викладання</i>         | Зосередженість на теоретичних знаннях, поступовій інтеграції практичних моделей.                                             | Інтеграція теоретичних знань, комп'ютерних симуляцій і практичних досліджень у проєктно-орієнтованому навчанні. |

Отже, можемо зробити такі висновки:

- Україна рухається впевненими кроками у впровадженні комп'ютерного моделювання, але головні успіхи ґрунтуються на безпосередній ініціативі вчителів.
- закордоном моделювання інтегровано в систему освіти та активно підтримується на державному рівні.
- необхідно впроваджувати позитивний міжнародний досвід до українських реалій, розвивати цифрову інфраструктуру та активніше навчати вчителів [26].

## **1.2. РОЛЬ МОДЕЛЮВАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ОГЛЯДУ НА СУЧАСНІ ДЕРЖАВНІ СТАНДАРТИ**

У сучасній освіті дедалі більше уваги приділяється саме методам навчання, які мають на меті формування в учнів уміння досліджувати, аналізувати та робити висновки на основі практичної діяльності. Одним із таких ефективних методів є моделювання, що поєднує теоретичні знання з реальними прикладами та ситуаціями й сприяє глибшому розумінню фізичних явищ чи процесів. Саме тому постає питання про роль

моделювання в навчальному процесі з огляду на сучасні державні стандарти.

Відповідно до модельних навчальних програм (авт. Максимович, 2023; Головка, 2023, Кремінський, 2024), моделювання визначене одним із ключових інструментів дослідження природи. Учні залучаються до побудови й аналізу фізичних моделей, використання комп'ютерних симуляцій, цифрових вимірювань і презентації результатів із застосуванням ІКТ. Це підтверджує, що моделювання є важливою частиною для реалізації компетентнісного та діяльнісного підходів, закладених у Державному стандарті

**Компетентність** - це загальна здатність людини, що набувається в процесі навчання, складається з знань, досвіду, цінностей і відносин, які можуть бути реально інтегровані [15]. Важливо, щоб учні в процесі навчання не тільки здобували певні знання, а й могли використовувати їх у своєму житті, коли в цьому виникне необхідність. Під час навчання викладач повинен навчити учня не тільки засвоювати знання, а й самостійно здобувати їх і формувати навчальну діяльність.

У пояснювальній записці програми (Головка та ін., 2023) підкреслено, що фізика має не лише теоретичне, а й прикладне спрямування, яке вимагає використання сучасних технологій та цифрових засобів у процесі навчання.

Автори програми зазначають, що компетентнісно орієнтоване навчання має ґрунтуватися на поєднанні експерименту, моделювання та аналізу результатів. Такі методи сприяють формуванню критичного мислення, самостійності, уміння приймати рішення й діяти творчо [6].

Отже, моделювання, у тому числі комп'ютерне, виступає невід'ємним компонентом реалізації програми з фізики, спрямованої на розвиток особистості учня як дослідника.

Модельна програма (Максимович та ін., 2023) розглядає моделювання як метод пізнання природи, що формує здатність учнів

самостійно проводити дослідження, перевіряти достовірність інформації, представляти результати у вигляді графіків, таблиць, діаграм чи інфографіки.

У структурі навчального процесу передбачено використання інтерактивних симуляцій, 3D-моделей та проєктної діяльності, що сприяє розвитку креативності, критичного мислення та цифрової грамотності [19].

Такі вимоги повністю узгоджуються з концепцією комп'ютерного моделювання як сучасного дидактичного засобу навчання фізики.

Саме тому в сучасному освітньому середовищі особливого значення набуває розвиток цифрової компетентності, яка є невід'ємною складовою загальної компетентності учня.

Цифрову компетентність можна визначити як комплексне, інтегроване явище, що охоплює:

- знання про сучасні цифрові засоби, гаджети та програмне забезпечення, яке їх доповнює;
- уміння користуватися електронними пристроями, програмами, цифровими ресурсами й онлайн-сервісами;
- здатність оцінювати доцільність застосування цифрових інструментів у різних сферах життя: повсякденній діяльності, навчанні, відпочинку, професійній роботі тощо;
- готовність критично осмислювати переваги та обмеження цифрових технологій у різних видах діяльності [17].

Ефективне формування цифрової компетентності неможливе без опанування основних компонентів навчальної діяльності, адже саме через цілепокладання, планування, виконання та аналіз результатів відбувається практичне застосування цифрових навичок у навчальному процесі.

Розвиток цих умінь відбувається саме під час активної навчальної діяльності, коли учні залучаються до самостійного пошуку рішень, експериментів та моделювання. Учні не пасивно отримують новий матеріал, а «відкривають його для себе» або ж навчають цьому інших

учнів. «Сьогодні шкільна освіта повинна приділяти більше уваги тому, щоб усі учні мали можливість самореалізуватися, задовольняти свої потреби та розвивати компетентності, що відповідають їхнім здібностям, цілям, інтересам і життєвим планам» [28].

Одним із шляхів підвищення ефективності та результативності навчання є використання методичних систем, які використовують інформаційні цифрові технології. Це значно розширює можливості подання навчального матеріалу, підвищує інтерес до матеріалу, що подається вчителем, створює нові можливості для рефлексії своєї діяльності [36].

Цифрові лабораторії – це універсальна комп'ютеризована лабораторна система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології [18].

Проаналізувавши сучасні науково-методичні джерела можна сказати, що у викладанні фізики вони широко використовуються. Їх можна умовно поділити на дві основні групи:

1. технології, що працюють на окремих комп'ютерах: навчальні програми, комп'ютерні моделі фізичних явищ, демонстраційні матеріали, віртуальні лабораторії, тренувальні завдання та програми контролю знань.
2. мережеві технології, які базуються на використанні локальних мереж та інтернету. До них можна віднести електронні версії методичних посібників, відео- й аудіоматеріали з демонстрацією експериментів і лекцій, ресурси для комп'ютерного моделювання фізичних явищ та процесів, а також платформи дистанційного навчання, що дозволяють взаємодіяти з учнями онлайн, у тому числі й у форматі реального часу [38].

Досліджуючи другу групу інформаційно цифрових технологій, постає питання про практичну значущість використання цифрових ресурсів у вигляді комп'ютерного моделювання на уроках.

У шкільному курсі фізики 7 класу вивчаються фізичні явища і процеси, які неможливо або досить складно продемонструвати в реальному житті. Комп'ютерне моделювання значно розширює можливості вчителів для вдосконалення викладання фізики, дозволяючи створювати живі, наочні та динамічні уявлення про фізичні експерименти та явища, які важко пояснити за відсутності необхідного лабораторного обладнання або неможливості дослідження певного об'єкта чи явища в умовах класного приміщення (див. схема. 1.2.1).

Коли доцільно створювати моделі:

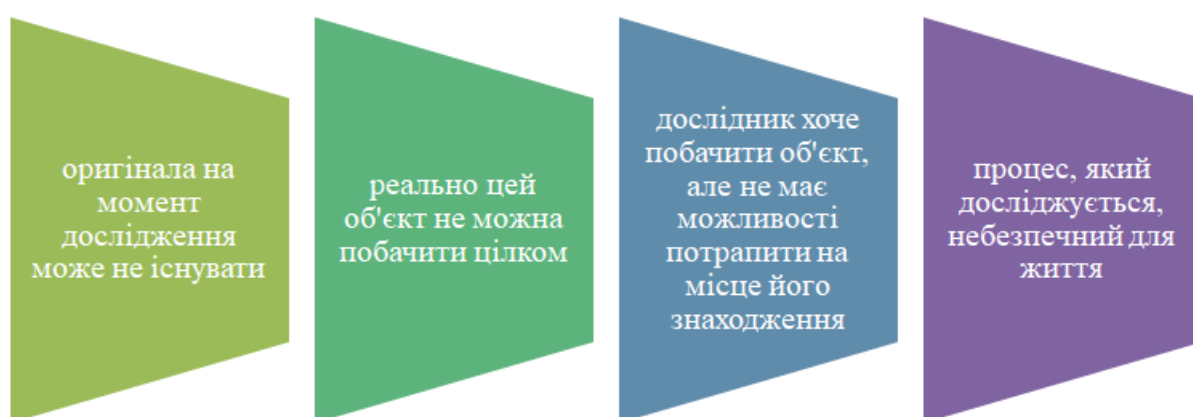


Схема. 1.2.1. Доцільність створення моделей

Використання вчителями та й учнями комп'ютерного моделювання є корисним та ефективним, оскільки воно дозволяє змінювати початкові умови фізичного експерименту в широкому діапазоні та проводити численні віртуальні експерименти [3]. Це відкриває величезні пізнавальні можливості для учнів та забезпечує їх безпосередню участь в експерименті. Така робота надає унікальну можливість візуалізувати спрощені моделі великої кількості природних явищ, які не можуть бути реалізовані в реальних фізичних експериментах.

Використання цифрових технологій, зокрема комп'ютерного моделювання на уроках фізики має свої переваги (див. схема. 1.2.2):

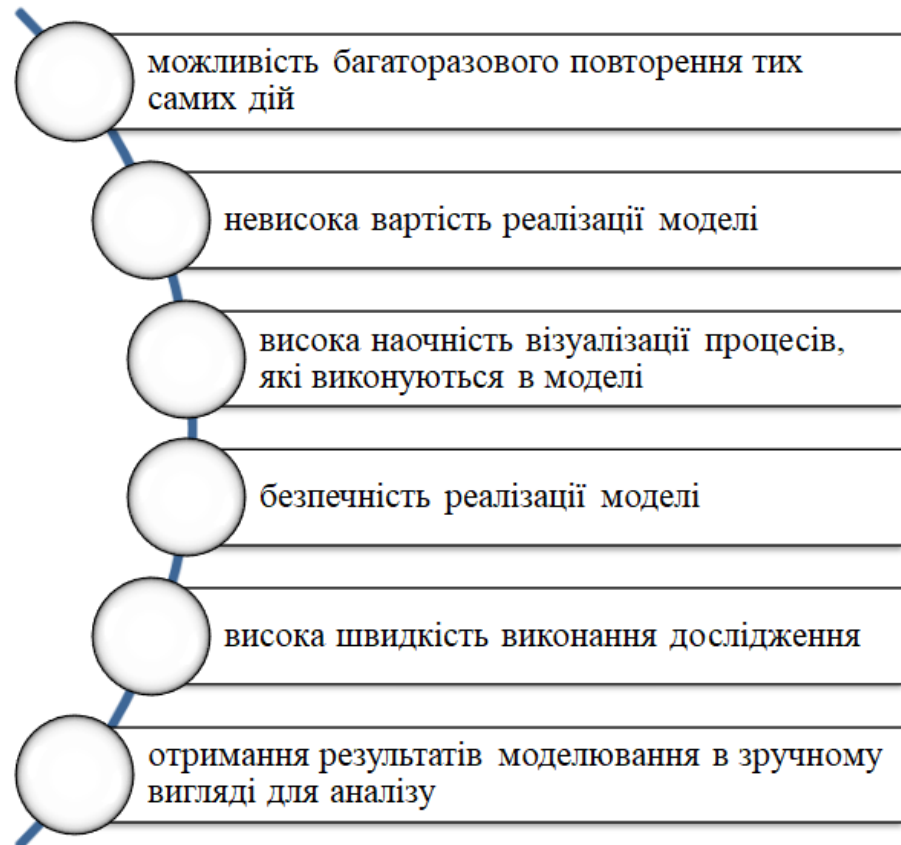


Схема. 1.2.2. Переваги комп'ютерного моделювання

Звісно ж комп'ютерні моделі, як і будь-який інший інструмент навчання, має й свої недоліки (див. схема. 1.2.3):



Схема. 1.2.3. Недоліки комп'ютерного моделювання

Необхідно розуміти, що комп'ютер - це всього лише інструмент для створення і вивчення моделі, але аналіз об'єктів навколишнього світу для відтворення його в моделі створюється самою людиною.

### **1.3. ОСНОВНІ ВИДИ, ФУНКЦІЇ ТА ЕТАПИ МОДЕЛЮВАННЯ В ШКОЛІ**

#### **1.3.1. Класифікація моделей**

Існує декілька підходів до класифікації моделей. Їх розрізняють за певними критеріями, наприклад, за призначенням, формою представлення та статусом. Розглянемо одну з класифікацій.

**Матеріальні моделі** відтворюють певні фізичні й геометричні властивості оригіналу та завжди передбачають реальні особливості об'єкта. Наприклад, шкільні фізичні прилади для демонстрації, моделі космічних кораблів, аеродинамічні труби тощо.

**Інформаційні моделі** - це сукупності відомостей, що описують важливі властивості об'єктів й взаємозв'язку між ними, які вони набувають в процесі зміни своїх властивостей. Вони не мають матеріального втілення та ґрунтуються тільки на основі інформації.

**Графічні моделі** призначені для візуального представлення об'єктів, процесів, законів та явищ. Наприклад, карти місцевості, електричні схеми, креслення геометричних фігур, схеми комп'ютера тощо.

**Математичні моделі** - це системи формул і чисел, які описують певні властивості реальних об'єктів, процесів та явищ. Велика кількість задач у фізиці, біології та хімії розв'язуються за допомогою рівнянь і нерівностей, які є їхніми своєрідними моделями [12].

**Комп'ютерне моделювання** – це процес створення та дослідження інформаційних моделей із використанням комп'ютерних засобів. Воно дозволяє відтворювати реальні об'єкти, явища або процеси у віртуальному середовищі, щоб краще їх зрозуміти. Завдяки цьому можна проводити експерименти без ризику для реальних систем, економити ресурси та час, а також прогнозувати можливі результати у різних ситуаціях. Існують різні

види комп'ютерного моделювання, кожен з яких має свої особливості та сфери застосування. Розглянемо їх детальніше (див. схема. 1.3.1).



Схема. 1.3.1. Види комп'ютерних моделей

Фізичні комп'ютерні моделі припускають, що комп'ютер є частиною деякого експериментального приладу, пристрою або симулятора, який за допомогою різних датчиків сприймає зовнішні сигнали, виконує необхідні обчислення тощо.

Логічні комп'ютерні моделі ґрунтуються на моделюванні знань й побудові систем штучного інтелекту на основі бази знань предметної області. Вона складається з фактів, даних і правил.

Графічні комп'ютерні моделі - це певним чином організовані набори даних (кодів, сигналів), які відображають найважливіші характеристики досліджуваного об'єкта.

Розрахункові комп'ютерні моделі використовуються програмами, які розраховують стан системи, змодельованої математичною моделлю.

Імітаційні моделі складаються за допомогою комп'ютерних програм або програмних пакетів, які імітують поведінку складних технічних, фізичних, економічних, біологічних, соціальних та інших систем з необхідною точністю. Це сприяє кращому розумінню того чи іншого фізичного явища, процесу, поняття фізичної величини, фундаментального закону тощо[12].

### 1.3.2. Функції комп'ютерного моделювання

Комп'ютерне моделювання в школах є ефективним інструментом навчання, тому що допомагає учням візуалізувати складні поняття та експериментувати з різними сценаріями й розвивати аналітичне мислення. Нижче наведено основні **функції комп'ютерного моделювання** в школах:

1. *Візуалізація складних понять.* Допомагає візуалізувати складні процеси, що важко зрозуміти лише з підручників [4]. Наприклад, у фізиці комп'ютерні моделі можуть показувати траєкторії руху об'єктів, електромагнітні поля та хвильові явища. В хімії - реакції на молекулярному рівні. У біології можна візуалізувати роботу органів в організмі, механізми поділу клітин та функціонування екосистем.

2. *Моделювання та проведення експериментів.* Симуляції дозволяють учням проводити експерименти без дорогого й складного обладнання [4]. Наприклад, хімічні симулятори дозволяють проводити реакції між речовинами без шкоди для здоров'я та навколишнього середовища. Крім того вони можуть експериментувати з різними змінними в умовах, які складно відтворити в реальному житті (наприклад, вплив гравітації на інші планети на уроках астрономії).

3. *Розвиток навичок розв'язання проблем.* Сприяє розвитку критичного мислення, оскільки учні вчаться вирішувати реальні проблеми, випробовуючи при цьому різні сценарії [4]. Наприклад, в математиці вони допомагають учням зрозуміти функції, рівняння та їхній вплив на поведінку систем.

4. *Розвиток навичок програмування й алгоритмічного мислення.* Працюючи з моделями, учні вчаться основам програмування. Особливо це відбувається, коли вони створюють та параметризують власні моделі. Це сприяє розвитку алгоритмічного мислення й підготовці до більш складних технічних галузей.

5. *Підвищення інтересу до навчання.* Робить навчання інтерактивним та цікавим. Наприклад, учні можуть досліджувати космос, спостерігати за

природними явищами в режимі реального часу, що робить уроки більш цікавими й заохочує до глибшого засвоєння матеріалу.

6. *Інтерактивне оцінювання знань.* Можна створити завдання, в якому учні мають вирішити певну проблему. Це дозволяє вчителям оцінити не лише практичні знання учнів, але й їхні практичні навички, аналітичні здібності та вміння критично мислити [4]. Наприклад, вони можуть змодельовати сценарії утворення повені й попросити учнів визначити найкращу стратегію її усунення.

7. *Спільне навчання.* Дозволяє учням створити проєкт, над яким працюватиме група учнів, обговорювати різні підходи, приймати спільні рішення й аналізувати результати. Це розвиває навички командної роботи, комунікації та лідерства.

8. *Підготовка до майбутньої кар'єри.* Моделювання є невід'ємною частиною великої кількості професій, від інженерії і медицини до бізнесу й соціальних наук. Учні, що вивчають основи моделювання в школі, отримують досвід, який допоможе їм у майбутньому навчанні та професійному житті [4].

### **1.3.3. Основні етапи створення моделей**

У світовій практиці склалися певні кроки у розробленні моделей. Найбільш доцільно застосовувати наступні етапи їх побудови:

- постановка завдання;
- розробка моделі;
- перевірка моделі;
- використання моделі;
- оновлення моделі [21].

Постановка завдання. Першим і найважливішим кроком у побудові моделі, яка сприяє правильному її вирішенню, є визначення проблеми. Якщо вона не буде точно визначена то правильне використання математики та комп'ютерів не допоможе у її реалізації.

Розробка моделі. Після того, як проблема була правильно сформульована, наступним кроком є побудова моделі. Необхідно визначити основну її мету, а також з'ясувати які результати або інформацію потрібно отримати за допомогою моделі для вирішення поставленої проблеми. Крім того, потрібно визначити, яка інформація буде необхідна для побудови моделі, що відповідає поставленим цілям.

Перевірка моделі. Після того, як модель побудована, її потрібно перевірити. Одним з аспектів перевірки є визначення того, наскільки модель відповідає реальному світу. Необхідно визначити, чи всі основні компоненти реальної ситуації були включені в модель. Природно, що чим краще модель відображає реальний світ, тим більша ймовірність того, що вона допоможе учням краще зрозуміти те чи інше фізичне явище чи поняття.

Використання моделі. Після перевірки модель готова до використання.

Оновлення моделі. Навіть якщо модель працює добре, вона майже напевно потребуватиме оновлення. Наприклад, потрібні додаткові дані для дослідження фізичних процесів та явищ [21].

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ I

У першому розділі з'ясовано, що моделювання — це важливий інструмент, який допомагає учням краще зрозуміти складні фізичні явища. Аналіз літератури показав, що як українські, так і зарубіжні дослідники вважають комп'ютерні моделі ефективним способом навчання, адже вони роблять матеріал наочним і зрозумілим. Окрему увагу приділено сучасним освітнім стандартам, навчальним програмам та підручникам які підкреслюють важливість дослідницького підходу й активного залучення учнів.

Також охарактеризовано різні типи моделей і те, як саме вони можуть використовуватися в школі. У роботі доведено, що комп'ютерне моделювання не просто «додає наочності», а фактично відкриває нові можливості для навчання: допомагає проводити дослід, яких неможливо виконати в класі, стимулює мислення й зацікавлює учнів. Усе це робить моделювання важливою частиною сучасного уроку фізики.

## **РОЗДІЛ II. МЕТОДИКА ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ У 7 КЛАСІ НУШ**

### **2.1. ПРИКЛАДИ ВИКОРИСТАННЯ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Сучасний світ, його інформатизація, динамічність та цифровізація, поява нових сфер людської діяльності вимагають від сучасних вчителів фізики нового підходу до викладання цього предмету. Тому, враховуючи це необхідно якимось чином зацікавити учнів, щоб вони засвоїли знання з цієї фундаментальної науки.

Для отримання відмінного результату у навчанні учнів вчителям необхідно знати й використовувати у своїй педагогічній діяльності найсучасніші та найефективніші технології, методи, ресурси й матеріали. Проте впровадження нових технологій в освіті потрібно розглядати не як використання нових технічних засобів, а як процес створення новітніх освітніх систем, що відповідають вимогам сучасної інформаційно – технологічної епохи.

Їх можна активно використовувати в ігрових технологіях навчання. Тобто в такій організації освітнього простору, при якій навчання відбувається в процесі залучення учнів до навчальної гри (ігрового моделювання явища, «проживання» ситуації тощо). Ігри багатогранні, вони розвивають, навчають, виховують, розважають і водночас соціалізують.

Використання ігрових середовищ, інтерактивних ресурсів для проведення навчальних досліджень і експериментів, а також систем комп'ютерного моделювання є проявом інтеграції інформаційно-комунікаційних технологій в освітній процес. Такі ресурси не лише підвищують пізнавальний інтерес учнів, а й сприяють розвитку дослідницьких навичок, критичного мислення та вміння самостійно здобувати знання.

Показовим прикладом поєднання ігрових та навчальних компонентів є цифровий додаток до підручника О. Засекіної, М. Гвоздецького «Фізика. 7

клас» (2024), у якому представлено інтерактивні завдання, відео експериментів, моделі явищ і процесів, що вивчаються на уроках. Крім того, додаток містить інструкції, довідкові матеріали та вправи для самоперевірки [11], що дає змогу учням виконувати віртуальні експерименти, перевіряти результати й поглиблювати розуміння фізичних законів у зручному цифровому форматі.

За допомогою цього інструменту можна ефективніше проводити демонстрації, здійснювати освітні проєкти, дослідження та експерименти. Учні можуть порівнювати, аналізувати й робити висновки з реальних експериментів та моделей. Комп'ютерні симуляції мають перевагу в тому, що до них залучається весь клас, що зазвичай призводить до вищої продуктивності учнів. Їх можна використовувати як для пояснення нового матеріалу, контролю знань так і при виконанні домашнього завдання. Щоб зробити комп'ютерні симуляції більш ефективними, для кожної з них слід створити пізнавальне завдання. Учні зацікавлені, якщо вони пов'язані з реальним життям, мають практичне значення і корисні для них в майбутньому. При цьому слід пам'ятати, що навчання є значно ефективнішим, коли його використовують систематично протягом усього курсу, а не спонтанно [14].

Розглянемо декілька популярних прикладів таких ресурсів.

PhET - це інтерактивний симулятор, який забезпечує анімоване, інтерактивне та ігрове середовище, де учні можуть проводити дослідження, як науковець. Каталог програми містить сотні демонстрацій, частина з яких присвячена найновішим дослідженням [32.].

### **Переваги використання інтерактивного тренажера:**

- ✓ дає змогу створювати моделі, що є наближеними до реальних процесів,
- ✓ створює умови для проведення віртуальних дослідів та експериментів;
- ✓ дає можливість змінювати або регулювати умови фізичного процесу чи явища;
- ✓ економія часу під час роботи над багатоетапними експериментами;

- ✓ розвиток вмінь інженерного проектування;
- ✓ розвиток пізнавального інтересу учнів[39].

Також існує велика кількість комп'ютерних симуляцій фізичних явищ на ресурсах: <http://www.falstad.com>, <https://javalab.org/en/>, <https://simpop.org>, <http://www.virtulab.net> та інших, проте вони закордонні й вимагають більш глибокої підготовки перед їхнім застосуванням, або ж там потрібна попередня реєстрація чи додаткові програми для встановлення на персональний гаджет [31].

Варто звернути увагу і на застосунки для телефонів, які доступні у Google Play, що містять чималу кількість демонстрацій, анімацій та симуляцій фізичних процесів (наприклад AR\_Book, Chemistry & Physics simulations тощо). Їх можна активно використовувати на різних етапах уроку, але за умови певних можливостей мобільних пристроїв в учнів.

Також доволі цікавою для використання є наукова платформа для фізичних симуляцій «Фізика в школі» (<https://www.vascak.cz/>), тому, що на ній розміщені досить якісні розробки українською мовою та вона є доволі простою у використанні, хоча деякі зображення приладів символічні та лише наближені до реальних [45].

Крім того на уроках з вивчення гравітації можна використовувати платформи Stellarium – це програма, яка дає можливість показувати просторову картину неба в режимі реального часу, таку, яку можна бачити неозброєним оком, використовуючи бінокль чи телескоп [42]. Або ще один ресурс з моделювання астрономічних об'єктів Solar System Scope - це модель Сонячної системи, нічного неба й космічного простору в режимі реального часу, де показане точне положення об'єктів і розміщено багато цікавих фактів [43]. Важливим є те, що дані ресурси є у вільному доступі для завантаження на смартфон. І тому учні можуть самотійно, в домашніх умовах досліджувати космічні тіла за допомогою їх комп'ютерних моделей, чи виконувати різного роду проєктні завдання.

Під час реалізації навчальних проєктів з фізики саме використання сучасних цифрових технологій — таких як цифрові віртуальні лабораторії, смартфони зі спеціальними додатками, програми для відеоаналізу та хмарні сервіси надають значні можливості для успішного виконання поставленого завдання [23].

Поєднання комп'ютерного моделювання з проєктною діяльністю сприяє впровадженню компетентнісного підходу у викладанні фізики. Такі проєкти формують дослідницьку культуру, розвивають критичне мислення та цифрові навички здобувачів освіти. Воно виступає не лише ефективним інструментом навчання, а й середовищем для професійного розвитку як студентів, так і викладачів. У перспективі очікується зростання значення VR/AR-технологій, що забезпечить ще глибшу інтеграцію моделювання в освітній процес [30].

## **2.2. ВПРОВАДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ У КУРСІ ФІЗИКИ 7 КЛАСУ**

### **2.2.1. Комп'ютерне моделювання у розділі «Фізика як природнича наука», «Механічний рух»**

Розділ «Фізика як природнича наука» – вступний у курсі фізики, який формує в учнів загальне розуміння предмету, методів досліджень і важливості фізики у пізнанні світу. Він закладає підґрунтя для подальшого вивчення фізичних явищ, законів та теорій.

Аналізуючи програму (автор Кремінський Б. Г. та ін.) ми побачили, що тут підкреслено дослідницьку складову навчання. Під час вивчення теми «Методи пізнання природи. Фізика як природнича наука» здобувачі освіти мають досліджувати та спостерігати природні явища, зокрема дифузію в газах і рідинах, створювати та розв'язувати проблемні і парадоксальні ситуації на фізичній основі [16 с. 18–19]. Тут доцільно використати комп'ютерне забезпечення для того, щоб забезпечити саме розвиток дослідницьких здібностей учнів. Одним із таких ресурсів може бути платформа Phet.

Прикладом практичного застосування Phet симуляцій у 7 класі під час вивчення розділу «Фізика як природнича наука» може бути використання на уроці з теми «Поняття про різні види матерії. Будова речовини» симуляції «Будова атома». За допомогою цієї комп'ютерної моделі учні можуть створювати віртуальні атоми будь-якого хімічного елемента, а також його іони та ізотопи. Ця симуляція допомагає учням зрозуміти світ елементарних частинок і чіткіше уявити будову атома (див. додаток 1).

Пізнавальна активність школярів, котрі лише почали вивчати курс фізики, є досить високою. Враховуючи це, необхідно сприяти її зростанню, а не зменшенню. Саме тому даючи можливість учням власноруч розібратись у складній структурі атома та іона за допомогою такої симуляції це сприятиме їх високій зацікавленості у вивченні навчального матеріалу. Приклад фрагменту уроку на тему «Поняття про різні види матерії. Будова речовини» подано у додатку 2.

Крім того цю ж тему можна запропонувати учням вивчати використовуючи комп'ютерне моделювання на іншій платформі: Simpor (див. додаток 3), що є спрощеною версією PhET симулятора [40].

Також цікавим ресурсом для онлайн моделювання на уроках фізики у 7 класі є пакет програм Google. Наприклад, за допомогою Google Sheets учні можуть не тільки обробляти експериментальні дані, але й будувати графіки залежності шляху від часу чи швидкості від часу. А це сприяє розвитку навичок критичного мислення та аналізу. Google Slides або Google Sites також можна використовувати для створення мініпроектів і візуалізації результатів досліджень у формі інтерактивних презентацій.

Google Classroom забезпечує зручну організацію спільної роботи вчителя та учня, обмін матеріалами, відеоекспериментами та симуляціями, а також надає можливість учням взаємодіяти в онлайн-середовищі.

А ще за допомогою Google карт можна виконувати завдання, які пов'язані з рухом. Наприклад підручник В. Бар'яхтара та ін., містить

рубрики «Досліди онлайн» і «Досліди вдома», що передбачають використання симуляцій, мобільних застосунків і комп'ютерних моделей. Наведемо приклад одного з таких завдань: виходячи зі школи, заплануйте у додатку маршрут, яким ви будете їхати додому (це може включати: пішки + автобус, пішки + авто, лише пішки тощо). З'ясуйте, яку дистанцію вам доведеться подолати, і виміряйте час, який це займе. Визначте середню швидкість вашого руху за отриманими даними. Чи зможете ви за цими даними встановити характер і швидкість вашого руху у кожному моменті часу [1].

Також доволі практичною у використанні, зокрема у цьому розділі, є наукова платформа симуляцій «Фізика в школі» (<https://www.vascak.cz/>). Якщо у навчальному закладі немає деяких приладів, то цей ресурс прийде вчителю на допомогу. Використовуючи симуляції «Мікрометр» та «Штангенциркуль» вчитель може показати учням як користуватись цими приладами (див. додаток 4), та здійснювати необхідні вимірювання.

Розділ «Механічний рух» - один із ключових у шкільній фізиці. Він дає школярам розуміння основ кінематики, формує вміння спостерігати, аналізувати та математично описувати певні фізичні процеси. Вивчення механічного руху стає фундаментом для опанування інших розділів.

З допомогою «Фізика в школі - HTML5» можна продемонструвати модель руху тіла з певною швидкістю, при цьому ще й автоматично зображається графік його швидкості, що доволі зручно та ефективно для сприймання учнями (див. додаток 5).

Вивчаючи теми з визначення величин для дослідження руху тіл: швидкість, шлях, траєкторія, переміщення, вчитель може використати комп'ютерну модель Сонячної системи на цій платформі, де продемонстровано траєкторії їх руху (див. додаток 6).

Також цю платформу можна використовувати, наприклад, на уроці «Вивчаємо рух по колу». Ресурс дозволяє змінювати параметри руху, швидкість рухомого тіла, час його руху, радіус кола тощо (див. додаток 7).

Крім того тут пропонуються ще моделі, які описують рух тіла та демонструють поняття системи відліку.

А дослідити безпосередньо швидкість руху тіла (середню на ділянці та миттєву в точці) можна за допомогою ресурсу Javalab, де учні можуть побачити різницю між швидкостями тіл та графіки їхнього руху (див. додаток 8) [41].

### **2.2.2. Комп'ютерне моделювання у розділі «Взаємодія тіл. Сила»**

Динаміка - це розділ механіки, який відповідає на питання «чому тіло рухається», на відміну від попереднього розділу – кінематика, що відповідала на питання «як рухається тіло». Тому і вивчається після освоєння знань з кінематики. Вся класична механіка базується на трьох законах Ньютона.

Для того, щоб їх зрозуміти, учням необхідно поступово пояснювати всі поняття з розділу, починаючи з явища інерції, поняття сили та її видів, закінчуючи механічною роботою та енергією.

Отож, вивчення цього розділу починається із введення поняття інерції, та інерціальної системи відліку, що є підґрунтям для вивчення першого закону Ньютона, маси та густини. Для того, щоб краще зрозуміти цю тему можна запропонувати учням попрацювати на платформі «Фізика в школі» (<https://www.vascak.cz/>), де змодельовано ситуацію руху по інерції у транспортному засобі (див. додаток 9).

Дослідження густин різних тіл можна проводити за допомогою ресурсу Phet (див. додаток 10), де можна не лише спостерігати чи досліджувати густини різних тіл але й на платформі пропонується учням виконати деякі завдання. Наприклад:

- ✓ опишіть, як поняття густини відноситься до маси тіла і об'єму;
- ✓ виміряйте об'єм тіла шляхом спостереження за кількістю рідини, яку воно витісняє;
- ✓ поясніть, чому зміна маси тіла або об'єму не впливає на його густину(тобто, чи розумієте ви густину, як властивість речовини);

- ✓ поясніть, як тіла рівної маси можуть мати різні об'єми, і як тіла рівного об'єму можуть мати різні маси;
- ✓ ідентифікуйте невідомий матеріал шляхом розрахунку його густини і порівняйте її з таблицею речовин з відомою густиною [44].

Наступним етапом вивчення розділу «Взаємодія тіл. Сили» є введення поняття сила. Вивчення цієї величини є передумовою для засвоєння другого та третього закону Ньютона.

Змодельовати ситуацію з дією сили на тіло по одній лінії, в протилежному напрямку можна за допомогою віртуальної симуляції на платформі Phet (див. додаток 11), де можна змінювати параметри сили: модуль та напрямок. Приклад фрагменту уроку на тему: «Дізнаємося про силу» розміщено у додатку 12.

Далі йде вивчення сили пружності й ваги, де досліджуються деформації та їх види і з'ясовуються умови їх виникнення. Чудовим симулятором віртуальних моделей тіл для демонстрації сили пружності та закону Гука є Phet (див. додаток 13).

На сайті пропонуються такі завдання для виконання:

- ✓ поясніть зв'язок між силою, яка діє на тіло, силою пружності, коефіцієнтом пружності пружини, переміщенням та потенційною енергією;
- ✓ опишіть, як сполучення двох чи більше пружин впливає на коефіцієнт пружності пружини та силу пружини;
- ✓ спрогнозуйте, як змінюється потенціальна енергія при зміні пружини і при її зміщенні [44].

Вивчення гравітаційної взаємодії та сили тяжіння можна поєднувати з комп'ютерною моделлю на сайті javalab (див. додаток 14), де продемонстровано вплив гравітації на тіла [41]. Або ж використати сайт simpor, де продемонстровано рух планет навколо сонця (див. додаток 15) [40].

А за допомогою платформи «Фізика в школі - HTML5» можна змодельовати вільне падіння тіл та продемонструвати принцип дії трубки Ньютона (див. додаток 16) [45].

Наступною темою у вивченні даного розділу є «Дослідження небесних тіл». Тут доцільно використати астрономічні віртуальні лабораторії для моделювання руху космічних об'єктів. Для прикладу, Solar System Scope, де змодельовано рухи планет та показано їх у режимі реального часу [43]. Крім того учні можуть за допомогою ресурсу вивчати й будову планет, комет, зірок тощо (див. додаток 17). Або ж використати схожу програму Stellarium, де теж можна досліджувати різні небесні тіла (див. додаток 18) [42]. З їх допомогою учні вирушать в космічні простори і зможуть побачити як побудована Сонячна система, які особливості має кожна планета, зірка, астероїд тощо.

Останньою темою у вивченні розділу є «Сила тертя». Звісно її вчитель може пояснювати не посилаючись на цифрові ресурси, оскільки прояв цієї сили дуже легко показати в класних умовах. Проте для того щоб підвищити інтерес або в умовах дистанційного навчання використання комп'ютерних моделей буде доцільним. Тим більше, що сайт Phet пропонує симуляцію механізму утворення сили тертя [44]. Тут учні за допомогою цієї моделі можуть заглибитись у світ молекул і побачити на атомному рівні чому ж виникає сила тертя (див. додаток 19).

Використовуючи ресурс «Фізика в школі - HTML5» учням можна продемонструвати те, яким чином сила тертя впливає на рух тіл а також як зміна тих чи інших параметрів впливає на силу тертя (див. додаток 20).

### **2.2.3. Комп'ютерне моделювання у розділі «Тиск твердих тіл, рідин та газів»**

Під час опрацювання розділу «Тиск твердих тіл, рідин та газів» учні отримують чіткі уявлення щодо тиску та його прояву у повсякденному житті. Звісно, зацікавлення до вивчення теми також заохочується різноманітністю дослідів, що демонструє вчитель під час уроків

(атмосферний тиск, передавання тиску рідинами та газами, сила Архімеда, повітроплавання, плавання суден тощо), а також дослідями та спостереженнями, які учні виконують як на уроках так і під час домашніх завдань.

Для прикладу, вивчаючи тему «Тиск рідин та газів», можна використати комп'ютерну модель на ресурсі Phet («Під тиском») (див. додаток 21), де можна спостерігати як змінюється тиск у повітрі та воді зі зміною густини, з'ясувати, як певні чинники впливають на тиск, та передбачити яким він буде в різних ситуаціях.

Крім того, цей ресурс доцільно використовувати і при вивченні теми «Виштовхувальна сила». Тут можна порівнювати як вона впливає на різні тіла, досліджувати її, а також зрозуміти практичне застосування цієї сили (див. додаток 22).

На сайті пропонуються такі завдання для виконання:

- ✓ передбачте: буде тіло тонути чи плавати, якщо його помістити в рідину, враховуючи густину тіла й рідини;
- ✓ опишіть, як виштовхувальна сила пов'язана з відносною густиною тіла в рідині;
- ✓ передбачте вагу повністю або частково зануреного тіла, якщо відомі його маса та об'єм;
- ✓ опишіть сили, що діють на повністю або частково занурене тіло [44].

Цікавим прикладом поєднання реального та комп'ютерного моделювання є завдання з підручника З. Максимович та ін. «Фізика. 7 клас» (2024), подане в рубриці «Обдумайте, змоделуйте, зробіть». Учням пропонується створити модель гідравлічної машини за власним алгоритмом, використовуючи два медичні шприци різного діаметра (без голок) та прозору трубку від крапельниці, і розрахувати виграш у силі, який забезпечує така конструкція [20]. Після виготовлення фізичної моделі учні можуть порівняти результати власного експерименту з результатами онлайн-моделювання гідравлічної машини у віртуальному середовищі

(наприклад, у симуляціях PhET або у 3D-конструкторах Google), спостерігаючи вплив площі поршнів на передавання тиску та силу. Такий підхід дозволяє глибше усвідомити принцип дії гідравлічних систем, розвиває навички аналізу, перевірки гіпотез і вміння співвідносити результати реального експерименту з комп'ютерною моделлю.

Використовуючи «Фізика в школі - HTML5» учням можна продемонструвати ще одну тему з розділу – «Гідростатичний тиск», де вони використовуючи комп'ютерні моделі побачать, що тиск рідини на різних рівнях є різним і переконуються в тому, що на одному і тому самому рівні він діє однаково в усі боки, а з глибиною збільшується (див. додаток 23). Цікавою симуляцією ще одного фізичного явища на цьому ресурсі є модель гідростатичного парадоксу (див. додаток 24). Крім того тут пропонується й комп'ютерна модель сполучених посудин, де учні можуть переконатись в тому, що якої б форми не були посудини, рівень води в них буде однаковий, за умови, що там розміщена одна і та сама речовина (див. додаток 25).

Досліджувати та вивчати питання судноплавства та повітроплавання можна за допомогою віртуальної симуляції «Піднімальна сила» (див. додаток 26), де учні бачать, що відбувається в момент зльоту та імітації руху літака й можуть з легкістю дати відповідь на запитання: що потрібно для того, щоб злетіти? Дана модель показує, як літальні апарати використовують повітря для створення підйомної тяги.

#### **2.2.4. Комп'ютерне моделювання у розділі «Механічна робота та енергія»**

Розділ «Механічна робота та енергія» є логічним продовженням тем, що пов'язані із законом інерції, силами, прискоренням. Він становить основу для розуміння таких складних для розуміння фізичних процесів, як збереження енергії, механіка систем тіл, теплова й електрична енергія.

Вивчаючи теми з цього розділу, теж пропонуємо для використання комп'ютерні моделі, розташовані на описаних раніше ресурсах.

Наприклад, пояснення поняття «Механічна робота» можна проводити демонструючи модель руху автомобіля під дією прикладеної сили. Тут учні побачать, що застосовуючи силу ми змушуємо тіло рухатись, тобто здійснювати переміщення, а це в свою чергу означає, що виконується механічна робота. Крім того у цій симуляції паралельно з рухом авто будується і графік його руху, що також буде доволі інформативно для дітей (див. додаток 27).

Цікавою симуляцією на цьому сайті також є модель руху лижника, що спускається з гори, оскільки там продемонстровано не тільки його рух але і діаграма зміни кінетичної енергії на потенціальну і навпаки під час його спуску та підйому а також в момент, коли він робить кругові перевороти. За допомогою цієї комп'ютерної моделі також доцільно пояснювати і закон збереження повної механічної енергії (див. додаток 28).

Цю саму тему можна пояснювати чи закріплювати і за допомогою віртуальної симуляції на іншому ресурсі, а саме Phet, використовуючи модель «Парк для скейтів: основи», де теж продемонстровано прояв перетворення енергії з одного виду в інший а також ЗЗЕ (див. додаток 29).

Тут пропонуються такі завдання для виконання:

- ✓ поясніть збереження повної механічної енергії;
- ✓ опишіть, як енергія співвідноститься з розміщенням в просторі та швидкістю;
- ✓ поясніть, як зміна маси тіла впливає на його енергію;
- ✓ поясніть, як зміна тертя впливає на енергію тіла;
- ✓ підрахуйте і порівняйте кінетичну та потенціальну енергії на одній і тій самій чи різних позиціях [44].

Наступними питанням для вивчення у цьому розділі є дослідження простих механізмів. На таких платформах <https://javalab.org/en/> та <https://simpop.org> учнів можна познайомити з комп'ютерними моделями, наприклад, важеля чи блока. Учні змінюючи початкові параметри можуть

самостійно створювати поліпласти з довільною кількістю блоків (див. додаток 30).

Також ці теми можна досліджувати і на сайті «Фізика в школі - HTML5». Тут представлено декілька інтерактивних комп'ютерних моделей, серед яких важіль, похила площина та блок. Використовуючи їх, учні можуть самостійно змінювати умови дослідів, спостерігати за результатами та робити висновки. Такий підхід робить вивчення фізики більш наочним і цікавим, адже дозволяє побачити роботу механічних пристроїв у дії та зрозуміти принципи, які лежать в їх основі.

### **2.3. ІНКЛЮЗИВНЕ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНИХ МОДЕЛЕЙ**

Сучасна українська школа трансформується швидкими темпами, впроваджуючи інклюзивну освіту як обов'язкову складову загального освітнього процесу. Інклюзія — це не лише про доступ до знань, але й також про створення рівних можливостей для всіх учнів, зокрема й тих, хто має особливі освітні потреби (ООП).

Традиційні підходи до викладання фізики часто не враховують індивідуальні можливості таких школярів, що ускладнює засвоєння навчального матеріалу. У цьому контексті інтерактивні фізичні симуляції, зокрема комп'ютерне моделювання, можуть стати дієвим інструментом адаптації освітнього процесу, адже вони сприяють наочному відтворенню складних фізичних явищ і забезпечують можливість навчання у власному темпі [25].

За даними Світового банку, близько 10–12 % населення світу належать до групи осіб з особливими освітніми потребами. Серед них дітей віком до 16 років налічується приблизно 140–165 мільйонів. Такі учні стикаються з численними бар'єрами на шляху до здобуття освіти, тому рівень їхньої шкільної відвідуваності та успішності помітно нижчий порівняно з ровесниками. Неможливість отримати якісну освіту, своєю

чергою, позбавляє осіб з інвалідністю шансів на професійну реалізацію, гідну оплату праці та соціальне визнання [5, с. 7].

Відповідно до оновленого Закону України «Про освіту», інклюзивне навчання трактується як система державних освітніх послуг, заснована на принципах недискримінації, визнання людської різноманітності та забезпечення активної участі всіх учасників освітнього процесу [29]. Такий підхід передбачає створення навчального середовища, яке враховує індивідуальні потреби й можливості кожної дитини, незалежно від особливостей її психофізичного розвитку [13].

Отже, організація комфортних умов навчання для дітей з особливими освітніми потребами набуває особливого значення.

У цьому контексті надзвичайно важливо знаходити дієві засоби для викладання предметів, які зазвичай сприймаються як складні, у тому числі й фізики.

Інклюзивна освіта передбачає собою гнучке, чуйне до потреб кожної дитини навчання, де мають враховуватись як фізичний стан учня, так і його індивідуальні здібності до сприйняття й обробки нової інформації.

Саме тому онлайн навчання для дітей з ООП розширює можливості доступу до навчальних ресурсів та взаємодії. Воно дозволяє їм виконувати різноманітні завдання, долучатися до віртуальних дискусій, а також брати участь у відкритих онлайн-курсах, олімпіадах та конференціях, що розширює їхні можливості навчання та розвитку [33].

Крім того, маючи на увазі уроки фізики, надзвичайно корисним буде використання комп'ютерних технологій, зокрема моделей, які здатні адаптувати фізичні знання до зручного для конкретної дитини формату.

Освоєння дітьми з особливими освітніми потребами навичок роботи з комп'ютером проводиться в рамках організації змістовної навчальної діяльності [8]. Саме це є основою для їх подальшої роботи з комп'ютерними моделями фізичних явищ та процесів. Адже без наочного

пояснення законів чи понять на уроці фізики учням з особливими освітніми потребами дуже важко зрозуміти їх сутність.

Для прикладу, вивчаючи вже описану нами раніше тему «Взаємодія тіл, сили» та використовуючи ту ж віртуальну симуляцію на сайті Phet учням з особливими потребами набагато краще дається освоєння цього матеріалу. Оскільки інтерфейс ресурсу – інтуїтивний, то діти, наприклад, з когнітивними порушеннями можуть легко оперувати об'єктами. Тут є можливість налаштувати масштаб, зробити паузу та використовувати сповільнене відтворення. Ресурс підходить для дітей з порушеннями слуху, розладами уваги, аутизмом тощо.

Те ж саме стосується й інших сайтів, програм та ресурсів, про які згадувалось раніше. З їх допомогою діти з певними освітніми потребами можуть не виходячи з дому (наприклад, діти з порушенням опорно – рухового апарату), досліджувати ті чи інші фізичні процеси та будувати комп'ютерні моделі явищ чи законів за певними параметрами.

Враховуючи це назвемо переваги комп'ютерних моделей в інклюзивному просторі (див. схеми. 2.3.1, 2.3.2):

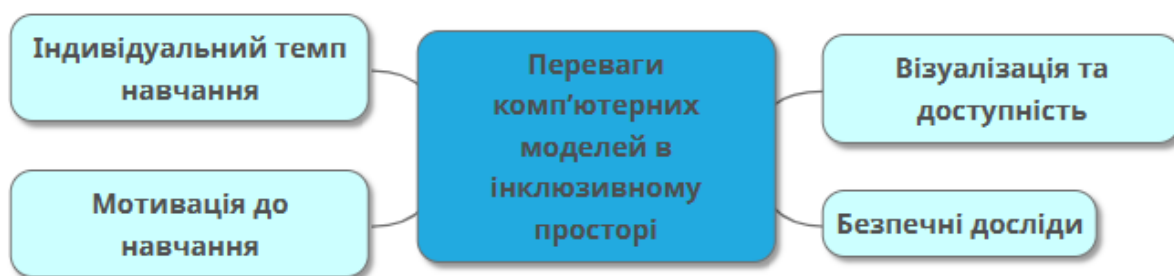
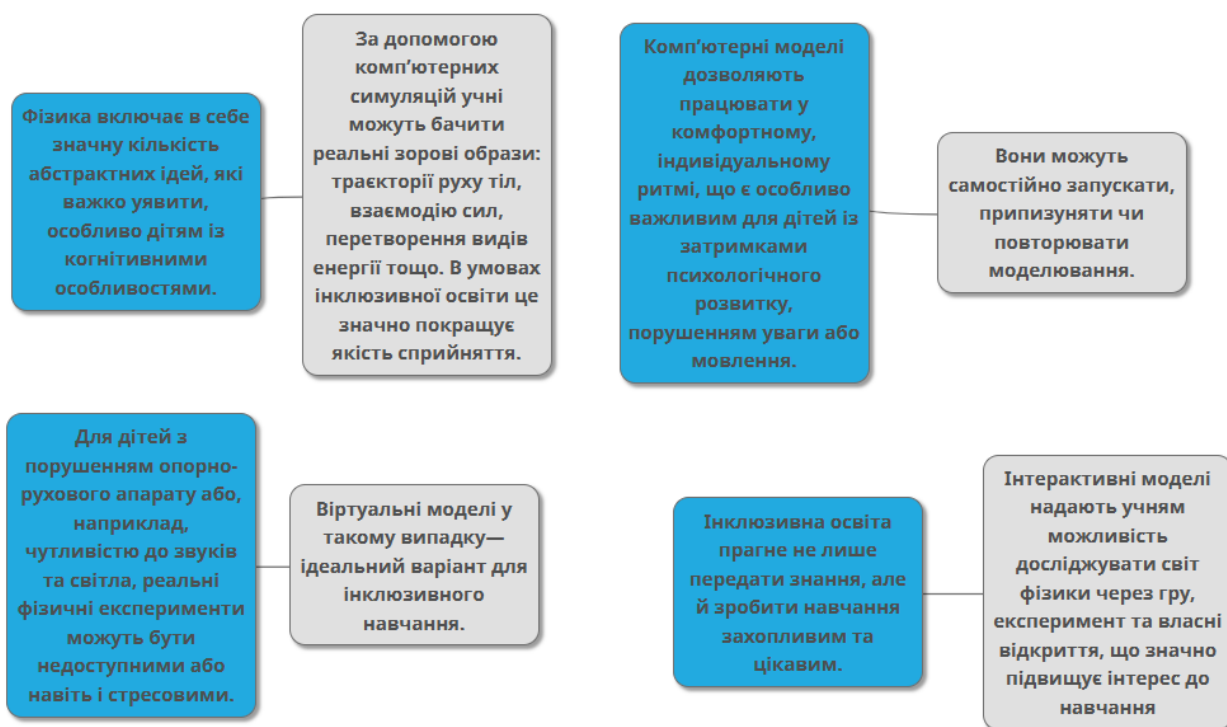


Схема. 2.3.1. Переваги ІКТ в інклюзивному просторі



### Схема. 2. 3.2. Роз'яснення переваг ІКТ в інклюзивному просторі

Завдяки використанню сучасних інформаційних технологій можна диференціювати навчальний процес із урахуванням індивідуальних особливостей учнів, а також забезпечити гнучке керування освітнім процесом [24].

Отже, використання комп'ютерних технологій зокрема моделювання у навчанні фізики дітей з особливими освітніми потребами робить предметну діяльність учнів різноманітнішою, відкриває можливості для всебічного розвитку дитини, підвищує зацікавленість у здобутті якісної освіти, а також дозволяє учням побачити процеси, які у реальності спостерігати їм важко. При цьому вчитель за допомогою таких ресурсів здатен адаптувати процес навчання, щоб він був якомога зручнішим та найефективнішим для кожної дитини.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ II

Другий розділ показує, як саме можна використовувати комп'ютерні моделі на уроках фізики у 7 класі. Завдяки таким ресурсам, як PhET, Vascak.cz, Javalab, Solar System Scope тощо учні можуть досліджувати рух тіл, силу, тиск або будову речовини у форматі інтерактивних дослідів. Таке навчання є цікавішим й зрозумілішим, оскільки діти бачать результат одразу, можуть експериментувати, змінювати умови й спостерігати наслідки. Це дуже важливо для тих тем, де справжній експеримент провести складно або й досить небезпечно.

Можна зробити висновок, що комп'ютерні моделі є корисними не тільки для пояснення нового матеріалу, але й для практичних робіт, домашніх завдань, проектної роботи і навіть для інклюзивного навчання. Вони роблять уроки більш доступними для різних груп учнів, допомагають врахувати можливості кожної дитини а також підтримують інтерес до вивчення предмета.

Саме тому систематичне використання таких моделей підвищує мотивацію, сприяє глибшому розумінню фізики і формує важливі навички дослідника.

## ВИСНОВКИ

Сучасна освіта характеризується використанням новітніх засобів навчання, які дають змогу реалізувати принципи диференційованого та індивідуального підходу, розвивати дослідницькі навички учнів та ефективно підвищувати якість навчання на уроках фізики. У процесі дослідження було встановлено, що ці тенденції повністю узгоджуються з сучасним станом вивчення проблеми впровадження інтерактивних технологій, що дозволило виконати перше завдання роботи — з'ясувати стан наукових досліджень із цієї тематики. Аналіз літератури показав, що питання використання цифрових освітніх ресурсів, комп'ютерного моделювання та інтерактивних симуляцій є сьогодні одним із ключових напрямів оновлення шкільної освіти.

Використання електронних освітніх ресурсів значно скорочує час учителя на підготовку уроків, дозволяє гнучко планувати зміст і формат навчання, а також формує сучасне освітнє середовище, здатне підтримати інтерес учнів [9]. Оскільки фізика належить до складних для сприйняття предметів, надзвичайно важливим є створення умов, за яких учні з першого уроку відчуватимуть мотивацію, включеність і зацікавлення. Саме тут комп'ютерне моделювання демонструє свої дидактичні можливості, що дало змогу виконати друге завдання дослідження — розкрити педагогічний потенціал і навчальну цінність моделей. Їхнє застосування забезпечує візуалізацію фізичних явищ, постійний зворотний зв'язок, швидке отримання результатів і створення динамічного образу процесу, що позитивно впливає на засвоєння матеріалу.

Інтерактивні симуляції можна ефективно використовувати на різних етапах уроку: від актуалізації опорних знань до організації дослідницьких мініпрактикумів. Проведене дослідження дозволило проаналізувати та систематизувати засоби створення комп'ютерних моделей, що відповідає третьому завданню роботи. Було визначено можливості та переваги різних інструментів — PhET, Javalab, Vascak.cz, Solar System Scope та інших

ресурсів, які дають змогу реалізувати навчальні експерименти, недоступні в умовах реальної шкільної лабораторії, або ж поглибити розуміння процесів через зміну параметрів, масштабів та умов дослідження.

Проте інтерактивні симулятори слід використовувати з обережністю і застосовувати лише тоді, коли брак обладнання унеможливорює проведення робіт і експериментів у конкретній лабораторії або ж як мотиваційний інструмент для підтримання пізнавального інтересу учнів.

На нашу думку, розумне поєднання реальних експериментів і віртуальних тренажерів для створення комп'ютерних моделей фізичних явищ чи процесів може стати потужним інструментом підвищення ефективності навчання фізики. Це пов'язано з тим, що віртуальні симуляції дозволяють легше, швидше, надійніше проводити експерименти, ніж реальні прилади, і можуть продемонструвати наслідки змін, які були б неможливими в реальності, наприклад, призупинення процесів, зосередження уваги на критичних стадіях тощо.

Слід також зазначити, що творчі та дослідницькі завдання, пов'язані з використанням комп'ютерних моделей, забезпечують самостійну діяльність учнів, розвивають їхнє творче мислення та значно підвищують інтерес до вивчення фізики, таким чином суттєво впливаючи на рівень знань, умінь та навичок учнів.

Тому впровадження цифрових тренажерів у навчальний процес при викладанні фізики в загальноосвітніх навчальних закладах є безсумнівно корисним. Адже, окрім високого показника якісного засвоєння матеріалу, це підвищує інтерес учнів до вивчення предмета, розширює можливості для самостійної роботи, сприяє розвитку творчої активності, стимулює набуття додаткових знань та їх закріплення, дає змогу виховувати інтегровану особистість, озброєну навичками XXI століття [31]. Варто підкреслити, що лише вчитель, який використовує сучасні та цікаві форми роботи, уособлює в собі лідера та друга, може розкрити потенціал учня та створити умови для його подальшого розвитку.

Водночас виконання четвертого завдання — розроблення методики впровадження комп'ютерних моделей у дослідницьку діяльність учнів 7 класу — стало логічним продовженням теоретичних положень і підтвердило практичну цінність інтерактивного моделювання для формування дослідницьких умінь та позитивної мотивації до навчання. Представлена методика демонструє, як ефективно інтегрувати цифрові ресурси у різні етапи уроку, забезпечуючи розвиток ключових компетентностей учнів.

Таким чином, у ході магістерського дослідження було повністю та послідовно виконано всі поставлені завдання: проаналізовано стан проблеми, розкрито дидактичні можливості моделювання, досліджено інструменти для його реалізації та створено методику впровадження комп'ютерних моделей у навчання фізики 7 класу. Отримані результати підтверджують ефективність комп'ютерного моделювання як сучасного засобу навчання, що відповідає вимогам Нової української школи та сприяє якісному оновленню освітнього процесу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бар'яхтар В. Г., Божинова Ф. Я., Довгий С. О., Кірюхін М. М., Кірюхіна О. О. Фізика: підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти / за ред. С. О. Довгого. Х.: Вид-во «Ранок», 2024. 272 с.
2. Басістий П. В., Бачинський Ю. Г., Габрусев В. Ю. Використання методу моделювання у процесі навчання фізики. Інноваційні технології цифрової освіти у вищій та середній школі України та країн Євросоюзу: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф. Тернопіль, 30 квітня 2020. С. 98–102.
3. Бугайов О. І., Головка М. В., Коваль В. С. Деякі концептуальні положення розробки засобів комп'ютерної підтримки навчання фізики. Вісник Чернігівського державного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка. Серія: педагогічні науки. 2005. Вип. 30. С. 36–39.
4. Волошена В. В. Розвиток умінь математичного моделювання старшокласників... Дис. канд. пед. наук. Київ, 2017. 236 с.
5. Гета А. В., Заїка В. М., Коваленко В. В. та ін.; за заг. ред. Ю. Г. Носенко. Сучасні засоби ІКТ підтримки інклюзивного навчання: навчальний посібник. Полтава: ПУЕТ, 2018. 261 с.
6. Головка М. В., Засєкін Д. О., Засєкіна Т. М., Крячко І. П., Ляшенко О. І., Мацюк В. М., Мельник Ю. С., Непорожня Л. В., Сіпій В. В. Фізика. 7–9 класи: модельна навчальна програма. Наказ МОН України від 16.08.2023 №1001.
7. Гончаренко С. Український педагогічний словник. К.: Либідь, 1997. 375 с.
8. Державний стандарт спеціальної освіти дітей з особливими потребами. Ін-т спец. педагогіки АПН України. К., 2003. 12 с.
9. Життєва компетентність особистості: від теорії до практики: наук.-метод. посібник / за наук. ред. І. Г. Єрмакова. Запоріжжя: Центріон, 2005. 640 с.
10. Заболотний В. Ф. Формування методичної компетентності учителя фізики засобами мультимедіа: монографія. Вінниця: Едельвейс-К, 2009. 453 с.
11. Засєкіна Т., Гвоздецький М. Фізика: підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти. К.: Видавничий дім «Основа», 2024. 235 с.

- 12.Калапуша Л. Р., Муляр В. П., Федонюк А. А. Комп'ютерне моделювання фізичних явищ і процесів: навч. посіб. Луцьк: РВВ „Вежа” Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2007. 192 с.
- 13.Колупаєва А. А. Основи інклюзивної освіти: навч.-метод. посібник. К.: «А.С.К.», 2012. 308 с.
- 14.Кононенко Ж. В. Сучасні освітні технології. Х.: «Основа», 2016. №15–16. С. 4–30.
- 15.Концепція Нової української школи. Концептуальні засади реформування середньої школи. URL: <https://cutt.ly/HiFPv5q>
- 16.Кремінський Б. Г., Гельфгат І. М., Божинова Ф. Я., Ненашев І. Ю., Кірюхіна О. О. Модельна навчальна програма «Фізика. 7–9 класи». Київ: МОН України, 2024. 68 с. (Наказ МОН України від 24.12.2024 №1787).
- 17.Ляшенко О. І. Формування цифрової культури вчителя фізики та природничих наук // Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції (22-23 травня 2025 р. м. Тернопіль). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 13-16.
- 18.Лаврова А. В., Заболотний В. Ф. Підхід до організації і проведення шкільного навчального фізичного експерименту. Інформаційні технології і засоби навчання. 2015. Вип. 6. С. 57–70.
- 19.Максимович З. Ю., Білик М. М., Варениця Л. В., Коваль Г. С., Микитеєк О. М., Ординович М. Б., Созанський А. В., Шевців В. Ф. Фізика. 7–9 класи: модельна навчальна програма. Наказ МОН України від 20.02.2023 №184.
- 20.Максимович З. Ю., Білик М. М., Варениця Л. В. Фізика: підруч. для 7 кл. закл. загал. серед. освіти. К.: Видавничий центр «Академія», 2024. 188 с.
- 21.Мартинець Л. А. Сучасні моделі освіти: навч.-метод. посіб. 2-е вид., доповн. та переробл. Донецьк, 2015. 102 с.

- 22.Матеріали «Концептуальні засади реформування середньої школи», ухвалені рішенням колегії МОН від 27.10.2016.
- 23.Мацюк В. М., Крижановський С. Ю. Сучасні цифрові технології як засіб реалізації навчальних проєктів. ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2021. С. 54–57.
- 24.Мацюк В. М. Особливості моделювання фізичних явищ на заняттях фізики з використанням НІТ. ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2018. С. 217–219.
- 25.Мацюк В., Рапінда Р. Інтерактивні фізичні симуляції як засіб адаптації навчального матеріалу для учнів з особливими освітніми потребами // Соціальна робота: виклики сьогодення : збірник наукових праць за матеріалами XIV Міжнародної науково-практичної конференції (24-25 квітня 2025 р.). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 196-200.
- 26.Мацюк В. М., Рапінда Р. В. Комп'ютерне моделювання у фізиці як інструмент навчання: український та світовий досвід // Освітній процес сьогодення: досягнення, виклики, перспективи : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю (м. Тернопіль, 25 квітня 2025 року). Тернопіль : ТОКІППО, 2025. С. 111-114.
- 27.Педагогіка: Хрестоматія / уклад. А. І. Кузьмінський, В. Л. Омеляненко. 2-ге вид. стер. К.: Знання Прес, 2006. 700 с.
- 28.Підласий І. П. Практична педагогіка або три технології: інтерактивний підручник. К.: Видавничий Дім «Слово», 2006. 616 с.
- 29.Про освіту: Закон України від 05.09.2017 р. №2145-VIII. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
- 30.Рапінда Н. М., Рапінда Р. В. Комп'ютерне моделювання як інструмент взаємодії студента та вчителя. ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 198–201.
- 31.Рапінда Р. В., Мацюк В. М. Комп'ютерне моделювання як засіб візуалізації фізичних процесів у навчанні // Сучасні цифрові технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи : матеріали XV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м.

- Тернопіль, 10 квітня, 2025 р.). Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2025. С. 163-166
32. Сорокопуд М. А. Віртуальні лабораторії та моделюючі програмні засоби у навчанні фізики. URL: <https://cutt.ly/5iFPxBI>
  33. Степанюк А. В., Гриньків С. М. Використання змішаної форми навчання. Athens: European Conference, 2024. С. 298–302.
  34. Степанюк А. В., Ткаченко О. О. Використання комп'ютерних програм для моделювання біологічних процесів. Liverpool: Cognum Publishing House, 2024. С. 390–399.
  35. Сучасний тлумачний словник української мови: 100000 слів / за ред. В. В. Дубічинського. Х.: ВД «Школа», 2008. 1008 с.
  36. Федчишин О. М., Мохун С. В. Методичні особливості застосування комп'ютерного моделювання при вивченні фізики. Тернопіль, 2023. С. 250–253.
  37. Філософський словник / за ред. В. І. Шинкарука. 2-ге вид. доп. К.: Голов. ред. УРЕ, 1986. 800 с.
  38. Фінченко Я. В., Стеценко К. Ю., Фінченко Я. В. Використання комп'ютерних програм на уроках фізики. Комп'ютер у школі та сім'ї, 2006.
  39. Язиков О. І. Використання інноваційних цифрових освітніх ресурсів «Симулятори» на уроках фізики. URL: <https://refdb.ru/look/2771418.html>

#### **Посилання на віртуальні симуляції, використані у роботі:**

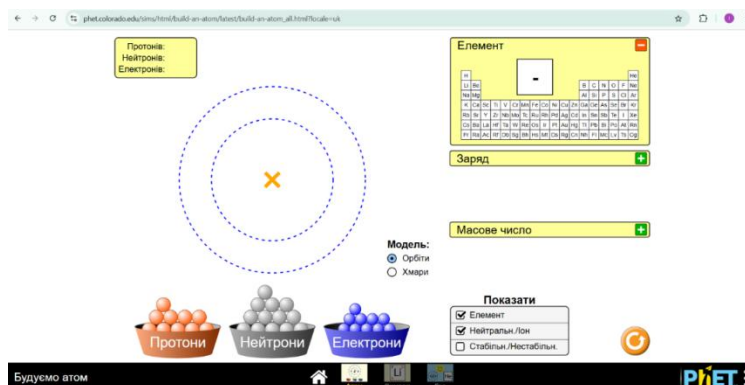
40. Інтерактивні моделювання // Веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://simpop.org>
41. Інтерактивні моделювання // Веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://javalab.org/en/>
42. Інтерактивні моделювання // Веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stellarium-web.org/>
43. Інтерактивні моделювання // Веб-сайт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solarsystemscope.com/>

- 44.Інтерактивні моделювання // Веб-сайт Університету Колорадо:[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://phet.colorado.edu/>.
- 45.Інтерактивні моделювання // Веб-сайт: Фізика в школі - HTML5 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vascak.>

## ДОДАТКИ

### ДОДАТКИ ДО РОЗДІЛІВ «ФІЗИКА ЯК ПРИРОДНИЧА НАУКА», «МЕХАНІЧНИЙ РУХ»

#### ДОДАТОК 1



#### ДОДАТОК 2

### Фрагмент конспекту уроку фізики (7 клас)

**Тема:** Поняття про різні види матерії. Будова речовини

#### Хід уроку (фрагмент)

**Етап: Вивчення нового матеріалу**

#### 1. Актуалізація опорних знань учнів

- З чого складаються всі речовини у природі?
- Що таке молекула?
- Чи можна поділити молекулу на ще дрібніші частинки?

Учні висловлюють припущення.

#### 2. Демонстрація симуляції «Будова атома» (PhET)

Посилання: [https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_uk.html)

- За допомогою цієї симуляції можна «збудувати» атом, додаючи протони, нейтрони та електрони, і спостерігати, як змінюються його властивості.

#### 3. Практична робота учнів у симуляції:

Учні працюють індивідуально або в парах (на комп'ютерах або планшетах).

*Завдання 1. Ознайомлення з симуляцією*

- ✓ Натисніть «Почати».
- ✓ Ознайомтеся з панеллю елементів: протони, нейтрони, електрони.
- ✓ Спробуйте перетягнути частинки у схему атома.

*Завдання 2. Створити атом Гідрогену*

- ✓ Додайте 1 протон і 1 електрон.
- ✓ Що відображається у вікні «Елемент»?
- ✓ Який заряд має атом?
- ✓ Як виглядає розташування електронів?

Зробіть висновок та заповніть пропуски:

Атом Гідрогену має \_\_\_\_\_ протон(и), \_\_\_\_\_ нейтрон(и),  
\_\_\_\_\_ електрон(и). Його заряд \_\_\_\_\_.

*Завдання 3. Дослідіть зміну кількості частинок*

- ✓ Додайте ще 1 протон — що змінилося?
- ✓ Додайте 1 нейтрон — як це вплинуло на заряд?
- ✓ Спробуйте зробити атом нейтральним, позитивно і негативно зарядженим.

Поміркуйте:

- Що означає «нейтральний атом»?
- Як змінюється елемент, якщо збільшити кількість протонів?
- Яку роль відіграють нейтрони?

Запитання для обговорення:

- Що відбувається, якщо кількість протонів і електронів не збігається?
- Яка частинка відповідає за заряд атома?
- Як змінюється атом, коли ви додаєте нейтрони?

*Завдання 4. Підсумок*

Заповніть таблицю у зошиті:

| Елемент  | Кількість протонів | Кількість нейтронів | Кількість електронів | Заряд атома | Висновок |
|----------|--------------------|---------------------|----------------------|-------------|----------|
| Гідроген |                    |                     |                      |             |          |
| Гелій    |                    |                     |                      |             |          |
| Літій    |                    |                     |                      |             |          |

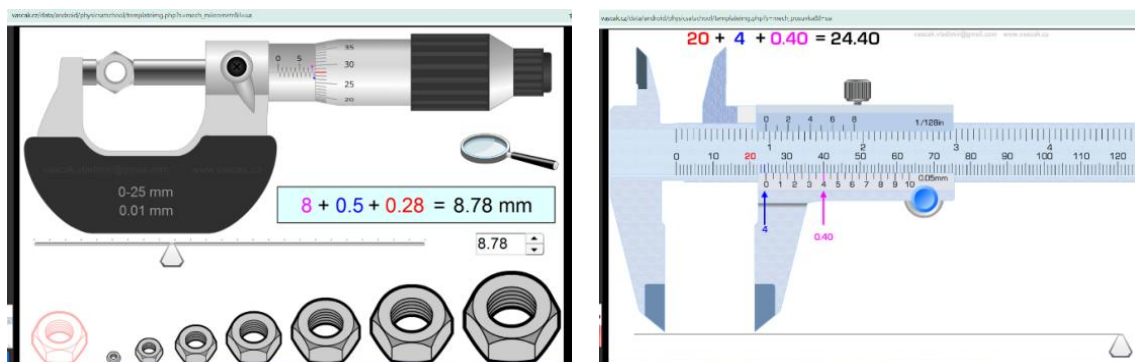
#### 4. Узагальнення результатів

Учні роблять висновки:

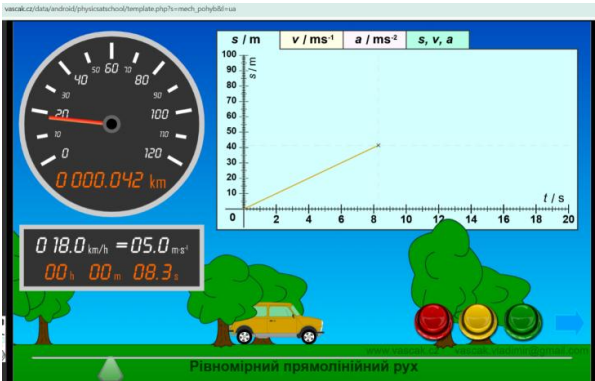
1. Речовина складається з атомів.
  2. Атом має ядро (протони й нейтрони) та електрони, що рухаються навколо ядра.
  3. Від кількості протонів залежить, який це елемент.
- Усі речовини складаються з атомів різних елементів, і саме будова атома визначає властивості речовини.

### ДОДАТОК 3

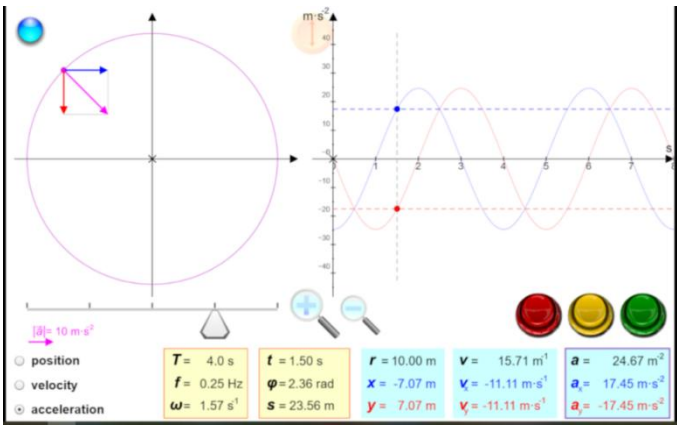
### ДОДАТОК 4



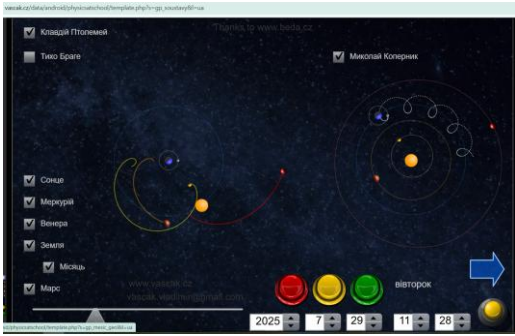
ДОДАТОК 5



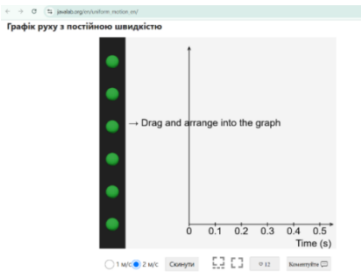
ДОДАТОК 6



ДОДАТОК 7

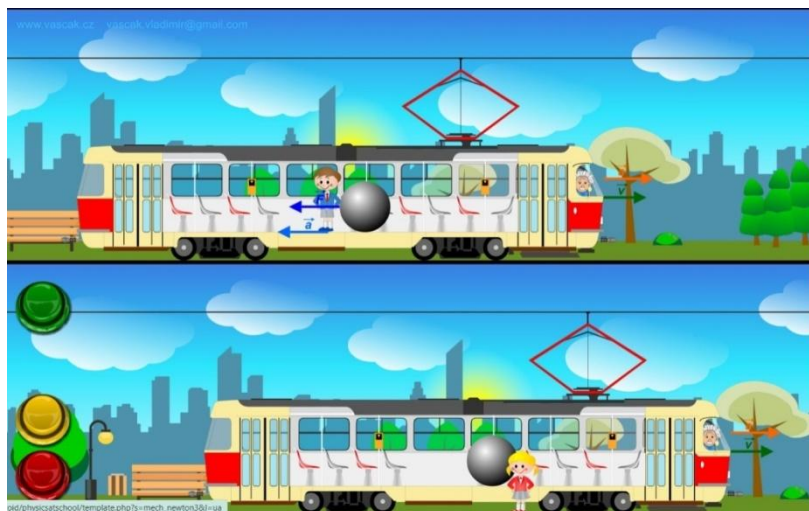


ДОДАТОК 8

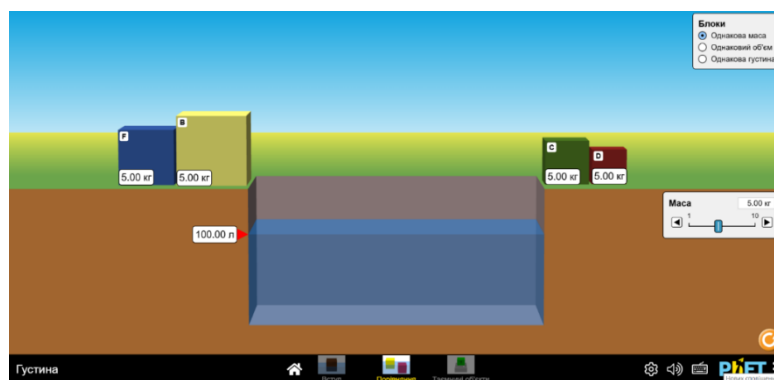


## ДОДАТКИ ДО РОЗДІЛУ «ВЗАЄМОДІЯ ТІЛ. СИЛА»

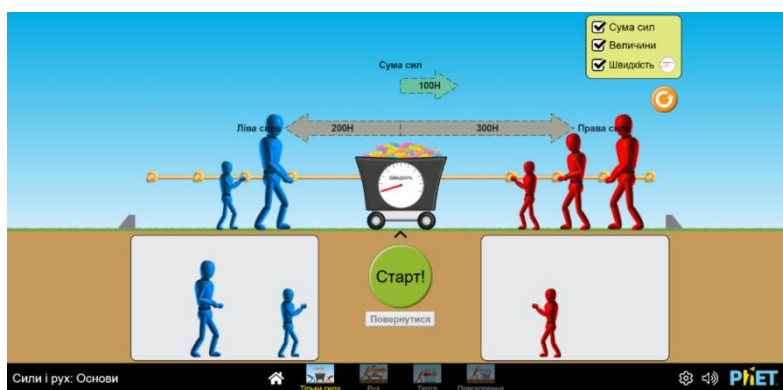
### ДОДАТОК 9



### ДОДАТОК 10



### ДОДАТОК 11



### ДОДАТОК 12

## Фрагмент конспекту уроку фізики (7 клас)

**Тема:** Дізнаємося про силу

**Хід уроку (фрагмент)**

**Етап:** Вивчення нового матеріалу

### **1. Мотивація навчальної діяльності:**

- Чому важко зрушити важкий ящик з місця, але легко котити м'яч?
- Від чого залежить рух предмета?
- Сьогодні ми дізнаємось, що таке сила, як вона діє на тіла, і як можна віртуально перевірити ці явища.

### **2. Демонстрація симуляції «Сили та рух: основи» (PhET)**

Посилання: [https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_uk.html)

Учитель коротко демонструє основні елементи симуляції:

- вікно «Force» (Сила),
- можливість тягнути об'єкт (ящик, холодильник, людину),
- візуальні стрілки сили (сила тяги, тертя, сила реакції поверхні).

### **3. Практична робота учнів у симуляції**

Учні працюють індивідуально або в парах.

#### **Завдання 1. Ознайомлення з симуляцією**

- ✓ Натисніть «Почати».
- ✓ Оберіть вкладку «Сила» (Force).
- ✓ Перетягніть повзунок, щоб застосувати силу до ящика.
- ✓ Спостерігайте, як змінюється швидкість руху та довжина стрілок сили.

Поміркуйте:

- У якому напрямі діє сила, якщо тягнути ящик вправо?
- Що відбувається, коли сила припиняється?

#### **Завдання 2. Сила і тертя**

- ✓ Перейдіть на вкладку «Friction» (Тертя).
- ✓ Повільно збільшуйте силу і спостерігайте, коли ящик почне рухатися.
- ✓ Виміряйте, яку мінімальну силу потрібно, щоб подолати тертя.

Запитання:

- Що відбувається, якщо зменшити коефіцієнт тертя?
- Як тертя впливає на рух тіла?

Завдання 3. Баланс сил

- ✓ Оберіть вкладку «Баланс» (Balance).
- ✓ Спробуйте прикласти однакові сили з двох сторін.
- ✓ Спостерігайте, що відбувається з тілом.

Зробіть висновок:

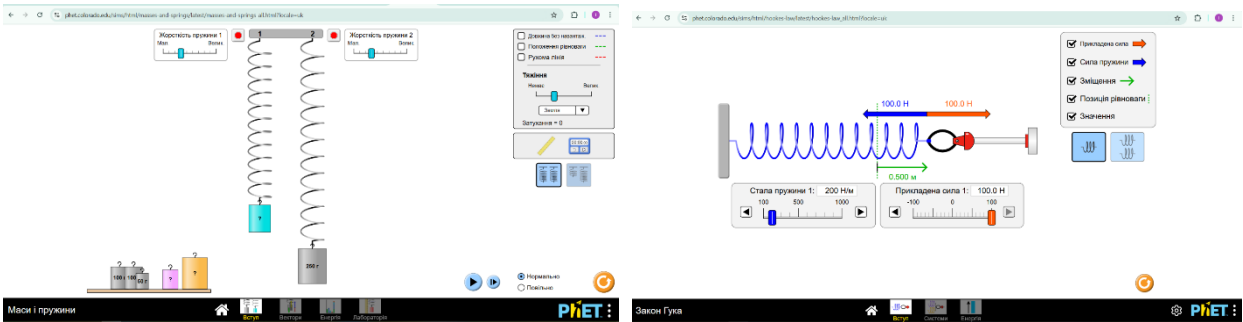
Якщо сили, що діють на тіло, зрівноважені, то тіло \_\_\_\_\_.

Якщо сили не зрівноважені, то тіло \_\_\_\_\_.

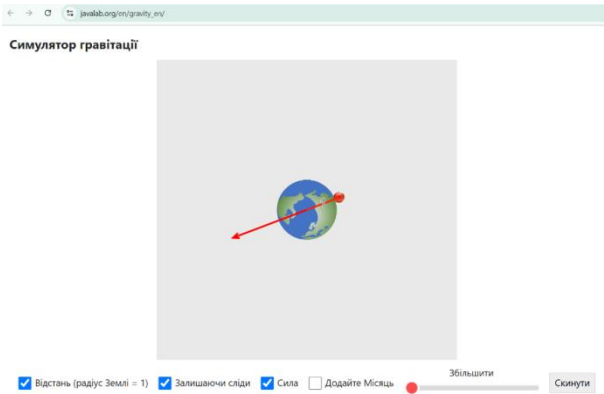
Підсумкова таблиця (у зошиті):

| Дослід                    | Спостереження | Висновок |
|---------------------------|---------------|----------|
| Тіло під дією однієї сили |               |          |
| Тіло під дією сили тертя  |               |          |
| Тіло при рівновазі сил    |               |          |

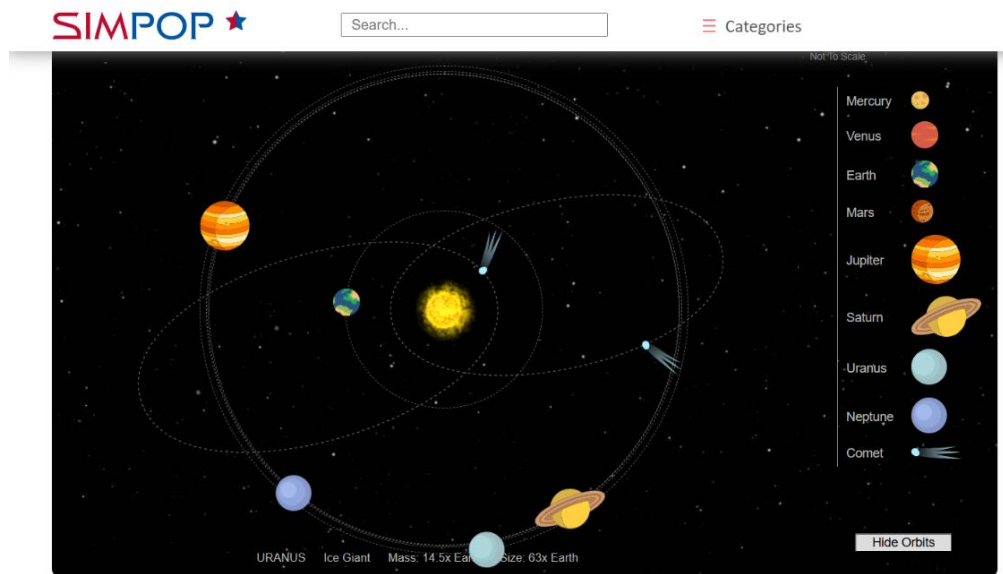
ДОДАТОК 13



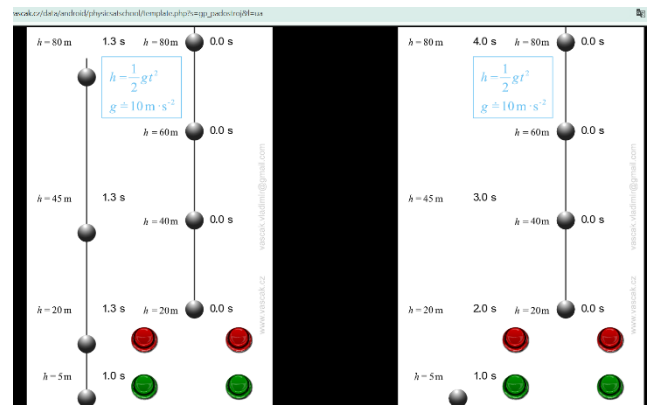
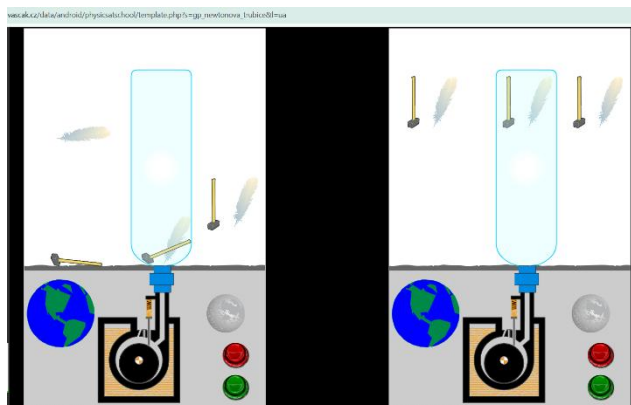
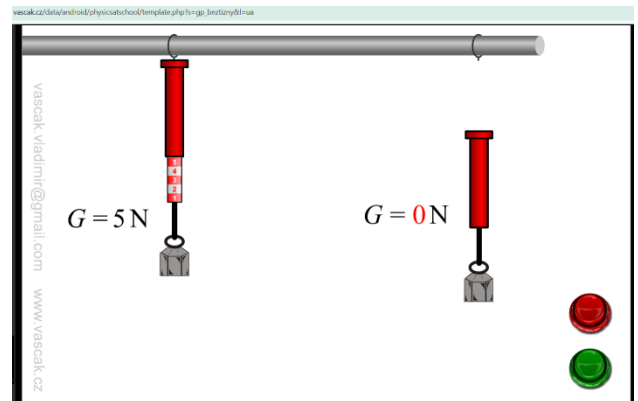
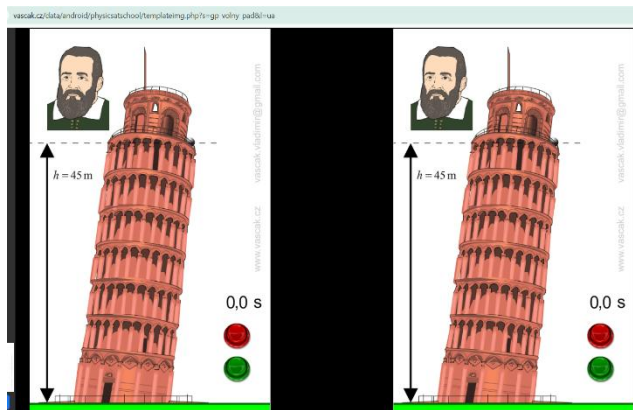
ДОДАТОК 14



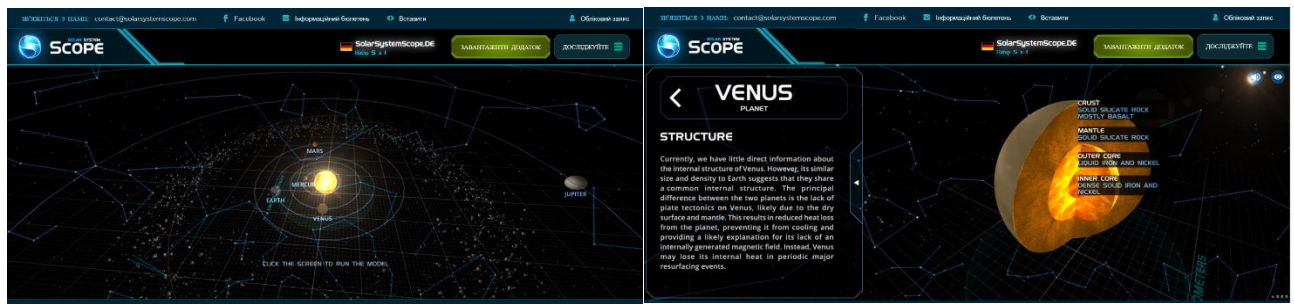
## ДОДАТОК 15



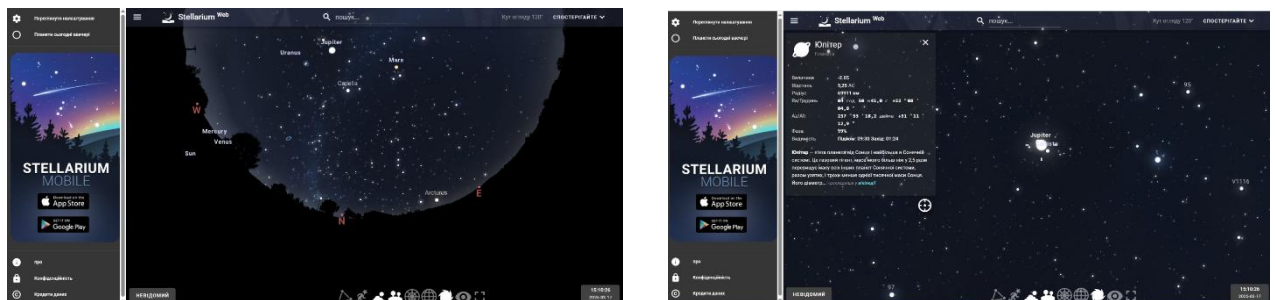
## ДОДАТОК 16



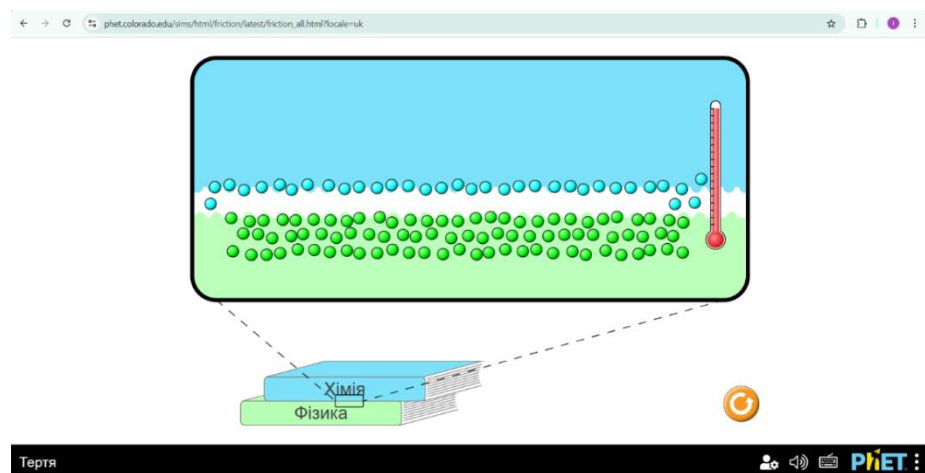
## ДОДАТОК 17



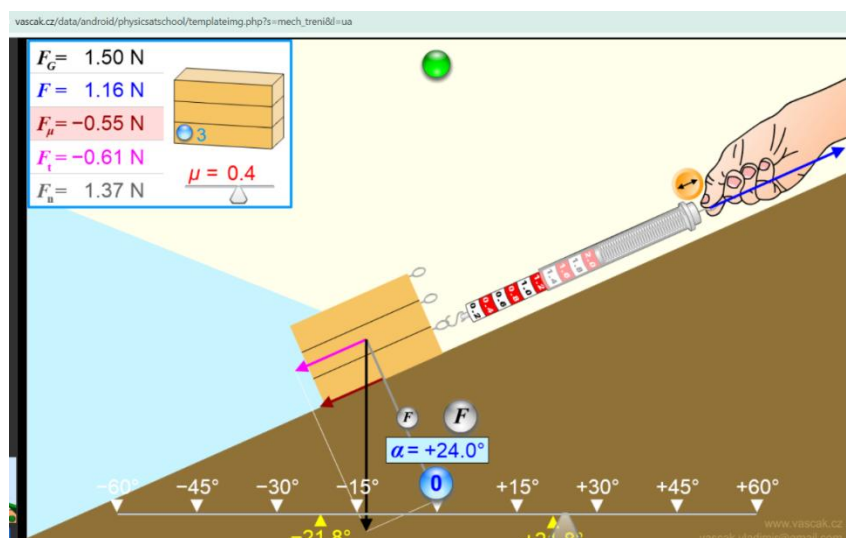
## ДОДАТОК 18



## ДОДАТОК 19

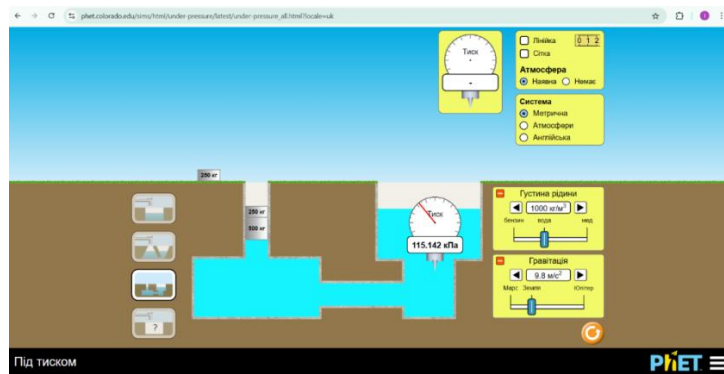


## ДОДАТОК 20

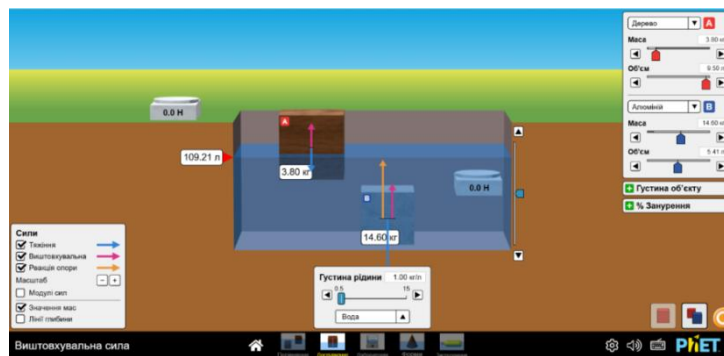
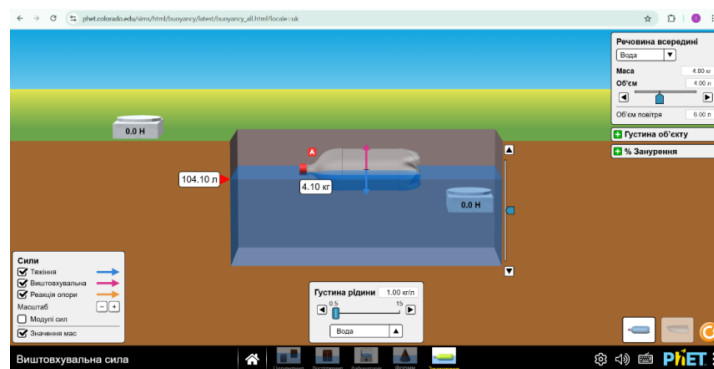


## ДОДАТКИ ДО РОЗДІЛУ «ТИСК ТВЕРДИХ ТІЛ, РІДИН ТА ГАЗІВ»

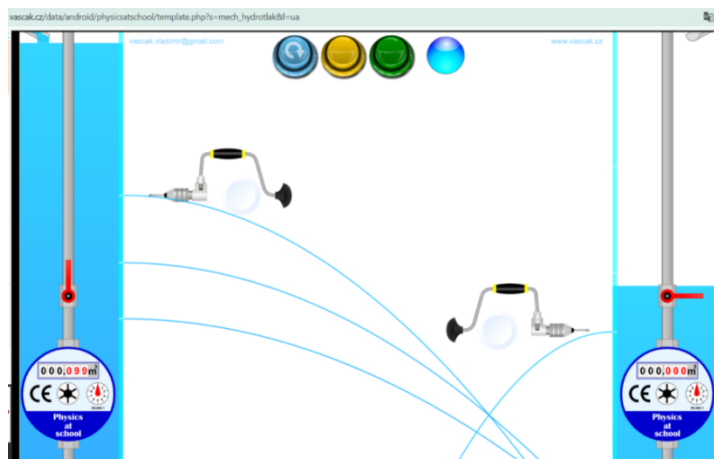
## ДОДАТОК 21



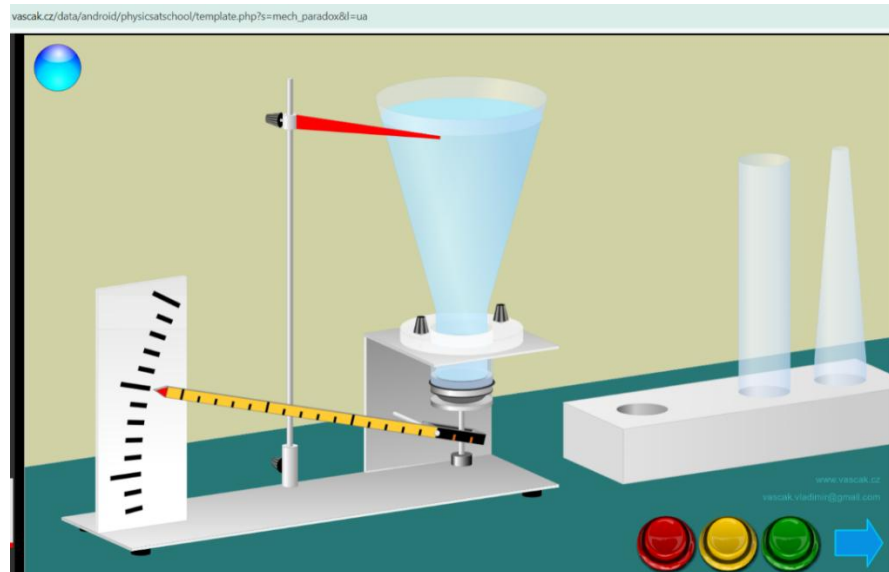
## ДОДАТОК 22



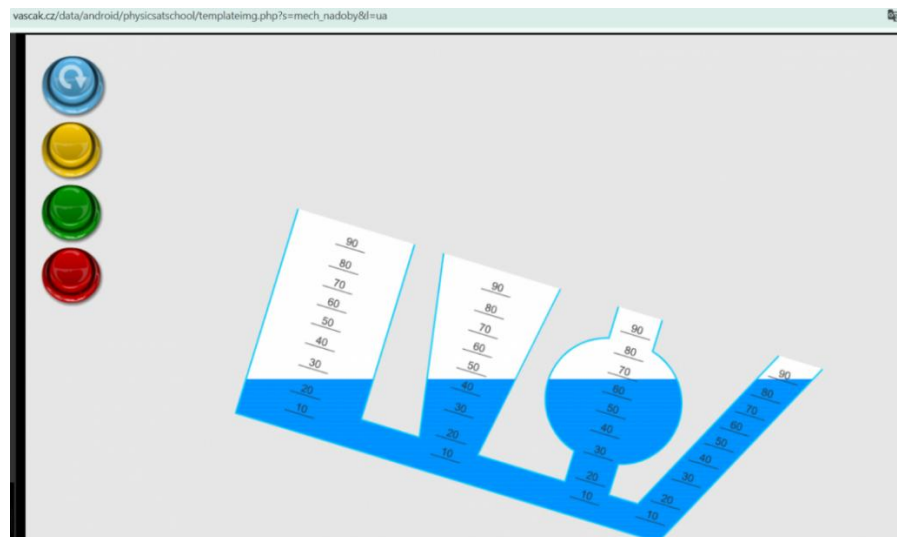
## ДОДАТОК 23



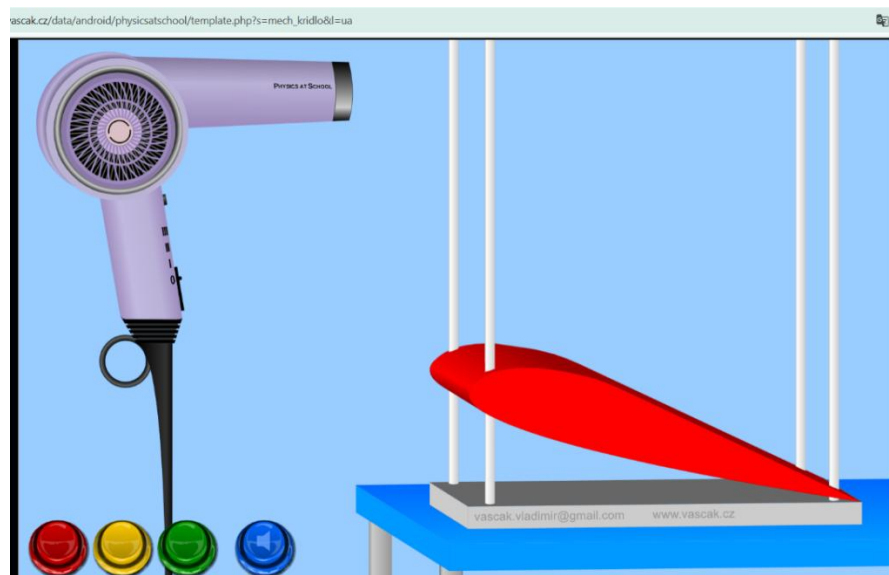
## ДОДАТОК 24



## ДОДАТОК 25

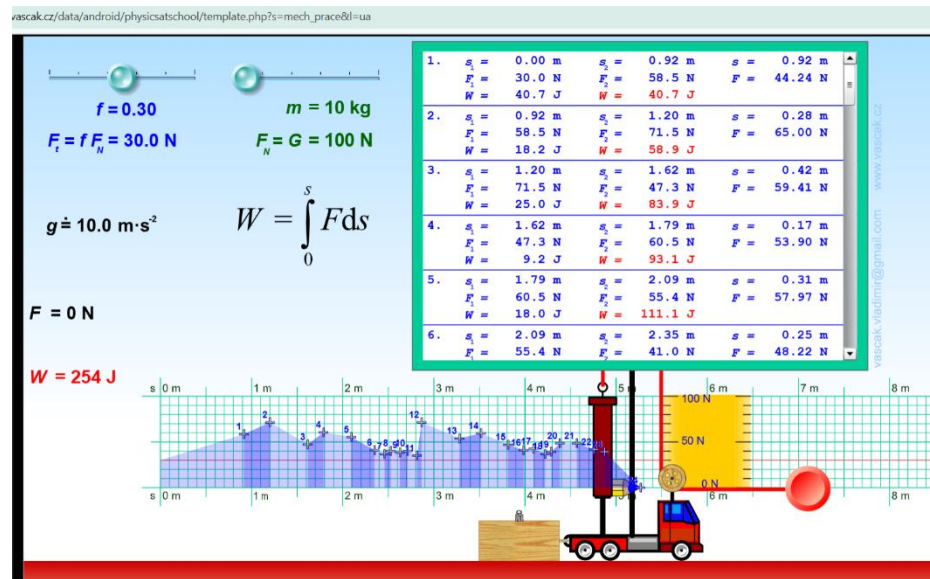


## ДОДАТОК 26

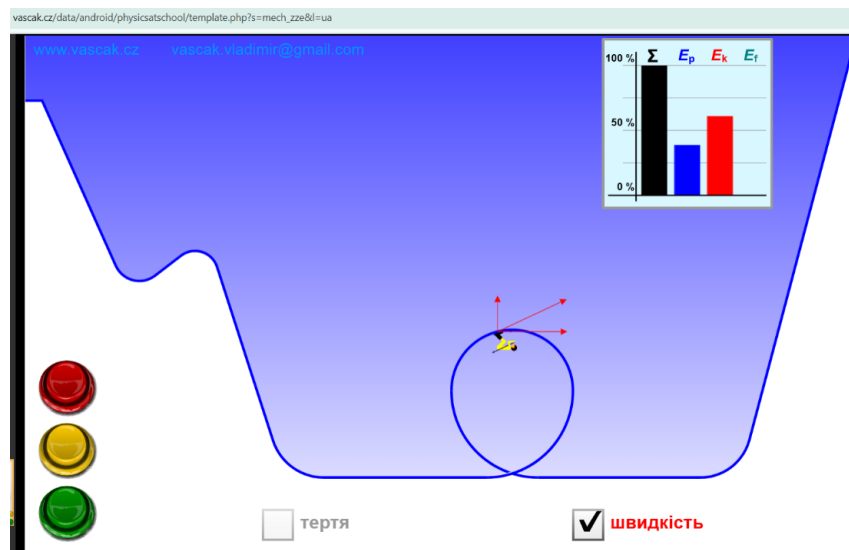


## ДОДАТК ДО РОЗДІЛУ «МЕХАНІЧНА РОБОТА ТА ЕНЕРГІЯ»

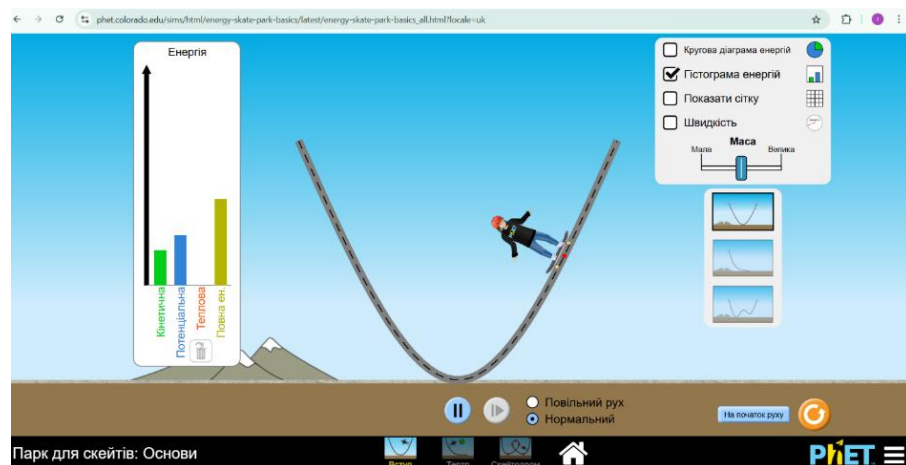
## ДОДАТОК 27



## ДОДАТОК 28

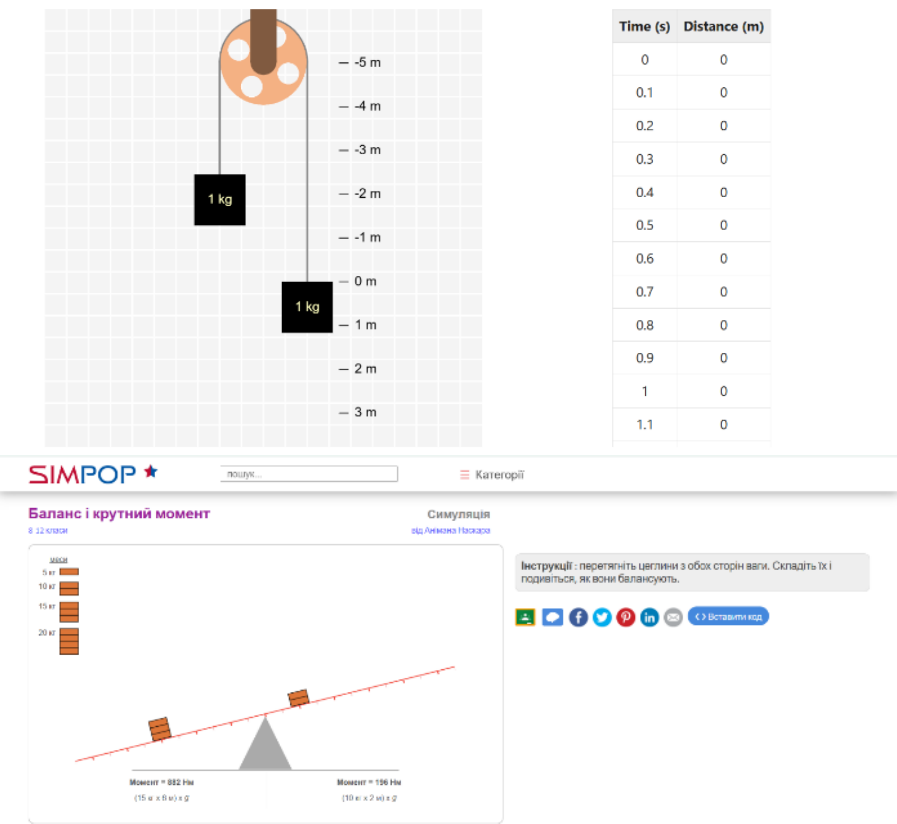


## ДОДАТОК 29



ДОДАТОК 30

Переміщення предмета, підвішеного на шківі



ДОДАТОК 31



$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

### КАРТКА 1. БУДОВА РЕЧОВИНИ. ЯК ВЛАШТОВАНИЙ АТОМ

**Мета досліджу:**  
З'ясувати, з яких частинок складається атом, як змінюються його властивості залежно від кількості протонів, нейтронів та електронів.

**Хід роботи:**

1. Додайте 1 протон і 1 електрон – спостерігайте, який елемент утворився.
2. Додайте 1 нейтрон – що змінилося?
3. Збільшіть кількість протонів до 2. Який елемент утворився тепер?
4. Зробіть атом позитивно зарядженим (зменш кількість електронів).
5. Що відбулося з зарядом?
6. Зрівняйте кількість протонів та електронів – атом став \_\_\_\_\_.
7. Заповніть таблицю.

| № | Кількість протонів | Кількість нейтронів | Кількість електронів | Назва елемента | Заряд атома |
|---|--------------------|---------------------|----------------------|----------------|-------------|
| 1 | 1                  | 0                   | 1                    |                |             |
| 2 | 2                  | 2                   | 2                    |                |             |
| 3 | 3                  | 4                   | 2                    |                |             |

$EF = ma$

$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

### КАРТКА 2. ДІЗНАЄМОСЯ ПРО СИЛУ

**Мета досліджу:**  
Дослідити, як сила впливає на рух тіла та як тертя протидіє цьому руху.

**Хід роботи:**

1. Відкрийте вкладку "force". Потягні ящик за мотузку праворуч.
2. Що показують стрілки різного кольору?
3. Збільш силу тяги. Як змінюється рух?
4. Увімкніть тертя (friction). Яку силу потрібно прикласти, щоб тіло почало рухатись?
5. Зробіть так, щоб тіло не рухалось. Що можна змінити?

| Умови досліджу         | Чи рухається тіло? | Чому? |
|------------------------|--------------------|-------|
| Без тертя              |                    |       |
| З тертям               |                    |       |
| Коли сили зрівноважені |                    |       |

$EF = ma$

$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$

### КАРТКА 3. ТЕРТЯ – СИЛА, ЩО ГАЛЬМУЄ РУХ

**Мета досліджу:**  
З'ясувати, як сила тертя залежить від маси тіла та виду поверхні.

**Хід роботи:**

1. Змініть поверхню (гладка, шорстка). Як змінюється рух тіла?
2. Збільшіть масу тіла – що відбувається із силою тертя?
3. Спробуйте рухати тіло однаковою силою на різних поверхнях.

| Поверхня | Маса тіла (кг) | Сила тяги (Н) | Рух тіла | Висновок |
|----------|----------------|---------------|----------|----------|
| Гладка   | 1              |               |          |          |
| Шорстка  | 1              |               |          |          |
| Шорстка  | 2              |               |          |          |

$EF = ma$



$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

## КАРТКА 4. РІВНОВАГА ВАЖЕЛЯ



**Мета досліду:**  
З'ясувати умови рівноваги важеля та залежність моменту сили від плеча.

**Хід роботи:**

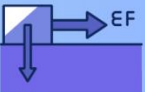
1. Розмістіть на обох сторонах важеля різні вантажі.
2. Змінійте відстань вантажів від опори.
3. Доберіть положення, за якого важіль перебуває в рівновазі.
4. Порівняйте добутки "сила × плече" з обох боків.

| Вантаж 1 (Н) | Плече 1 (м) | Вантаж 2 (Н) | Плече 2 (м) | Важіль у рівновазі? |
|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------------|
| 2            | 2           | 4            | 1           |                     |
| 1            | 3           | 3            | 1           |                     |
| 2            | 1           | 1            | 2           |                     |





$EF = ma$





$$F = \frac{Gm_1m_2}{r^2}$$

## КАРТКА 5. ПОХИЛА ПЛОЩИНА – ДОПОМОГА В РОБОТІ



**Мета досліду:**  
Перевірити, як похила площина дає вигравш у силі при піднятті тіла.

**Хід роботи:**

1. Підніміть тіло вертикально – виміряйте силу.
2. Потім підніміть те саме тіло по похилій площині.
3. Порівняйте прикладені сили.
4. Змініть кут нахилу – як це впливає на силу?

| Кут нахилу | Сила, потрібна для підняття (Н) | Висновок |
|------------|---------------------------------|----------|
| 30°        |                                 |          |
| 45°        |                                 |          |
| 60°        |                                 |          |





$EF = ma$

