

ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені МИХАЙЛА КОЦЮБИНСЬКОГО
Факультет математики, фізики і комп'ютерних наук
Кафедра фізики і методики навчання фізики, астрономії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **РОЗВИТОК ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ НА УРОКАХ
ФІЗИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ.**

Студентки 2 курсу МСОФА групи
Освітньої програми Середня освіта. Фізика та
астрономія. Природознавство
Предметної спеціальності 014.08 Середня
освіта (Фізика та астрономія)
Спеціальності 014 Середня освіта
Галузі знань 01 Освіта/Педагогіка
Ступеня вищої освіти магістра
Миронюк Марини Анатоліївни

Науковий керівник:
Моклюк М.О., кандидат педагогічних наук,
доцент, доцент кафедри фізики і методики
навчання фізики, астрономії

Розширена шкала _____

Кількість балів: _____ Оцінка: ECTS _____

Голова Екзаменаційної комісії _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

Члени Екзаменаційної комісії _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

(підпис) (ініціали, прізвище)

(підпис) (ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	3
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ	9
1.1. Поняття творчого потенціалу в психолого-педагогічній літературі.	9
1.2. Методологічні основи використання STEM-технологій у навчанні фізики.	16
1.3. Інтеграція фізики з іншими дисциплінами як засіб розвитку творчого мислення.	23
1.4. Роль STEM-освіти у формуванні креативності та дослідницьких навичок учнів.	26
РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ	31
2.1. Опис сучасних підходів до навчання фізики із застосуванням STEM- технологій.	31
2.2. Розробка та впровадження авторських рекомендацій методикам навчання фізики з акцентом на розвиток творчого потенціалу учнів.	37
2.3. Рекомендації щодо впровадження STEM-технологій у навчання фізики із урахуванням міжнародного досвіду.	52
2.4. Експериментальна перевірка ефективності проведення лабораторних робіт з фізики в умовах дистанційного навчання	57
ВИСНОВКИ	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	63

АНОТАЦІЯ

Миронюк Марина Анатоліївна. Розвиток творчого потенціалу учнів на уроках фізики з використанням STEM-технологій. 014.08 Середня освіта (Фізика та астрономія). Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, м. Вінниця, 2025 р. 67 с.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню впровадження STEM-освіти в навчальний процес фізики, зокрема інтеграції міждисциплінарних зв'язків і використанню STEM-проектів для підвищення мотивації учнів, розвитку їхнього критичного мислення, творчих здібностей та практичних навичок. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю адаптації шкільної освіти до сучасних вимог, зокрема інтеграції нових освітніх технологій та підходів, таких як STEM-освіта, яка сприяє комплексному розвитку учнів і поглибленому розумінню наукових дисциплін.

У роботі проаналізовано теоретичні засади STEM-освіти, її важливість для розвитку науки та техніки в умовах сучасної освіти, а також визначено основні принципи її впровадження в навчальний процес фізики. Зокрема, розглянуто міждисциплінарний підхід, який дає можливість органічно поєднувати знання з різних галузей науки (фізики, математики, технологій, інженерії та інших), що сприяє розвитку гнучкості мислення учнів, покращує їхню здатність до вирішення складних практичних завдань.

Особлива увага приділена методичним аспектам використання STEM-проектів у школах, зокрема способам інтеграції практичних завдань та досліджень, що стимулюють пізнавальний інтерес і вміння учнів застосовувати теоретичні знання на практиці. Проаналізовано існуючі STEM-проекти, що вже успішно впроваджені в шкільну освіту, а також запропоновано власні методичні рекомендації щодо їх інтеграції в навчальний процес фізики.

Ключові слова: STEM-освіта, міждисциплінарні зв'язки, фізика, навчальний процес, STEM-проекти, критичне мислення, мотивація учнів.

ABSTRACT

Myroniuk Maryna Anatoliivna. Development of Students' Creative Potential in Physics Lessons Using STEM-Technologies. 014.08 Secondary Education (Physics and Astronomy). Mykhailo Kotsiubynsky Vinnytsia State Pedagogical University, Vinnytsia, 2025. 67.

The qualification work is dedicated to the study of the implementation of STEM education in the physics learning process, specifically the integration of interdisciplinary connections and the use of STEM projects to increase students' motivation, develop their critical thinking, creative abilities, and practical skills. The relevance of the research is due to the necessity of adapting school education to modern requirements, particularly the integration of new educational technologies and approaches, such as STEM education, which promotes the comprehensive development of students and a deeper understanding of scientific disciplines. The work analyzes the theoretical foundations of STEM education, its importance for the development of science and technology in the context of modern education, and defines the main principles of its implementation in the physics learning process. In particular, the interdisciplinary approach is considered, which allows for the organic combination of knowledge from various fields of science (Physics, Mathematics, Technology, Engineering, and others), contributing to the development of students' mental flexibility and improving their ability to solve complex practical problems.

Special attention is paid to the methodological aspects of using STEM projects in schools, particularly the methods of integrating practical tasks and research that stimulate students' cognitive interest and their ability to apply theoretical knowledge in practice. Existing STEM projects that have already been successfully implemented in school education are analyzed, and original methodological recommendations for their integration into the physics learning process are proposed.

Keywords: STEM education, interdisciplinary connections, physics, learning process, STEM projects, critical thinking, student motivation.

ВСТУП

Актуальність проблеми дослідження. Сучасна загальна середня освіта переживає інтенсивні зміни, зумовлені цифровізацією, глобалізаційними процесами та швидким розвитком наукоємних технологій. За цих умов ключовою метою школи стає не лише передавання знань, а формування компетентної, творчої, ініціативної особистості, здатної до самостійного пізнання й розв'язання складних, міждисциплінарних задач. У нормативних засадах української освіти креативність визначено наскрізною компетентністю, проте реальна шкільна практика досі часто спирається на репродуктивні методи навчання, що обмежують розвиток творчого потенціалу учнів. Особливо відчутною ця суперечність є у курсі фізики: попри природну експериментальність дисципліни, навчальний процес нерідко редукується до відтворення формул та алгоритмів розв'язування стандартних задач.

Водночас фізика має унікальні можливості для стимулювання творчості: постановка проблем, висування й перевірка гіпотез, моделювання та конструювання, робота з реальними даними, публічне представлення результатів. Методологічні засади STEM-освіти надають цілісну рамку для реалізації цього потенціалу, інтегруючи природничі знання з технологіями, інженерним дизайном і математичними інструментами. Саме STEM-підходи забезпечують перехід від «знання заради знання» до діяльнісного, проєктно-дослідницького формату, де креативність постає не декларацією, а практикою: учні генерують ідеї, створюють прототипи, ітераційно вдосконалюють рішення, працюють у командах і рефлексують результати.

Питання розвитку творчого потенціалу учнів, зокрема під час вивчення фізики, а також впровадження STEM-технологій в освітній процес досліджували такі українські науковці, як П.С. Атаманчук, Л.Ю. Благодаренко, С.П. Величко, Р.С. Гуревич, С.У. Гончаренко, Б.О. Грудинін, В.Ф. Заболотний, Є.В. Коршак, О.І. Ляшенко, О.С. Мартинюк, В.В. Мендерецький, В.П. Сергієнко, Н.Л. Сосницька, Б.А. Сусь, М.І. Шут.

Впровадженню STEM-технологій в освітній процес з фізики присвячено публікації В.Ф. Заболотного, М.В. Головка, О.А. Колесникової, В.М. Мацюка, М.О. Моклюка, І.В. Сальник, І.Ю. Слободянюк, М.І. Шута.

Разом із тим, у науково-методичному полі зберігаються нерозв'язані питання: як системно інтегрувати STEM-технології саме в курс фізики 7–11 класів із прив'язкою до змістових ліній та очікуваних результатів; як операціоналізувати поняття «творчий потенціал учня» у предметному контексті та забезпечити його валідне й надійне оцінювання; які педагогічні умови є критичними для стійкого зростання показників креативності (біглисть, гнучкість, оригінальність, розробленість) та дослідницьких умінь. Додатковим викликом є методична готовність учителя фізики до використання відкритих задач, цифрових лабораторій, симуляцій і робототехніки, а також потреба у прозорих рубриках оцінювання творчих результатів.

Зазначені суперечності між потенціалом фізики як творчої, експериментальної дисципліни та домінуванням репродуктивних практик, між вимогами компетентнісної освіти та недостатньою методичною підтримкою педагогів, між потребою об'єктивної діагностики креативності та браком адаптованих інструментів зумовлюють актуальність даного дослідження. Науково обґрунтований і емпірично верифікований підхід до використання STEM-технологій у навчанні фізики здатен забезпечити цілеспрямований розвиток творчого потенціалу учнів, підвищити їхню пізнавальну мотивацію та сформувати навички, релевантні вимогам сучасного інноваційного суспільства.

Мета дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні, методичній розробці та експериментальній перевірці педагогічних підходів до використання STEM-технологій у навчанні фізики з метою цілеспрямованого розвитку творчого потенціалу учнів.

Задля досягнення цієї мети передбачається побудова цілісної STEM-орієнтованої моделі шкільного курсу фізики, що інтегрує інженерний цикл

(від постановки проблеми до прототипування й публічної презентації), відкриті задачі, проектно-дослідницьку діяльність, цифрові лабораторії та робототехніку, симуляції й 3D-прототипування, а також міжпредметні зв'язки з математикою, інформатикою, технологіями та природничими науками. Особлива увага приділяється операціоналізації поняття «творчий потенціал» у предметному контексті фізики через вимірювані індикатори (біглисть, гнучкість, оригінальність і розробленість рішень/прототипів, дослідницькі та командні вміння) і запровадженню критеріально-рівневих рубрик для їх надійного оцінювання. Очікуваним результатом є обґрунтоване підвищення показників креативності, розвитку дослідницьких навичок, командної взаємодії та навчальної мотивації, а також формування здатності переносити фізичні знання у реальні життєві й інженерні контексти; практичним продуктом - методичні рекомендації, сценарії уроків, пакет STEM-завдань і шаблони рубрик для широкого використання вчителями фізики.

Об'єкт дослідження - процес навчання фізики в закладах загальної середньої освіти в умовах компетентісно орієнтованої STEM-освіти.

Предмет дослідження - розвиток творчого потенціалу учнів під час вивчення фізики засобами STEM-освіти.

Відповідно до мети, об'єкта і предмета визначено такі **завдання дослідження**:

1. Проаналізувати психолого-педагогічну та методичну літературу з проблеми розвитку творчого потенціалу учнів у процесі навчання фізики та з'ясувати сутність, структуру і критерії розвитку творчих здібностей школярів.

2. Теоретично обґрунтувати педагогічні підходи ефективного використання STEM-технологій у навчанні фізики як засобу розвитку творчого потенціалу учнів.

3. Розробити, впровадити та експериментально перевірити ефективність методики використання STEM-технологій на уроках фізики, спрямованої на розвиток творчого потенціалу учнів.

Результати дипломної роботи апробовані на Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (Переяслав, 2025 р.), а також опубліковані в наукових збірниках:

1. Миронюк М., Моклюк М. Інтеграція STEM-технологій в навчання фізики як умова розвитку креативності здобувачів середньої освіти. Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»: Зб. наук. праць. Переяслав, 2025. Вип. 122. С. 175-179.

2. Миронюк М., Моклюк М. Розвиток творчого потенціалу учнів на уроках фізики з використанням STEM-технологій. Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. [Електронне мережне видання]. Вінниця, 2025. Випуск 22. С. 144-150.

Структура дипломної роботи. Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел (58 одиниці на 5 сторінках). Повний обсяг дипломної 67 сторінок, основний текст складає 62 сторінки. В основному тексті дипломної подано 10 таблиць та 4 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

1.1. Поняття творчого потенціалу в психолого-педагогічній літературі

У сучасних умовах реформування освіти та впровадження компетентнісного підходу проблема розвитку творчого потенціалу учнів набуває особливої актуальності. Школа XXI століття має орієнтуватися не лише на відтворення знань, а й на формування здатності генерувати нові ідеї, знаходити нестандартні рішення та застосовувати знання в нових ситуаціях. Це є суттю творчого потенціалу, який у психології та педагогіці визначається як інтегральна характеристика особистості, що проявляється в когнітивній гнучкості, дивергентному мисленні та мотивації до діяльності [64]. Актуальність цієї проблеми зростає в умовах стрімкого розвитку технологій та науки, де творчість стає важливою умовою професійної та особистісної самореалізації [65]. Особливе значення ця проблема набуває в контексті STEM-освіти, орієнтованої на інтеграцію природничих наук, технологій, інженерії та математики, що створює умови для розвитку креативного мислення. Фізика, як фундаментальна наука про закони природи, має великий потенціал для міждисциплінарних зв'язків і створення навчальних ситуацій, в яких учні не лише відтворюють знання, а й моделюють, експериментують і конструюють власні рішення. Такий підхід активізує залучення учнів до творчого процесу, розвиваючи здатність знаходити кілька шляхів розв'язання задач та пропонувати інноваційні ідеї [66]. У STEM-орієнтованому навчанні долається розрив між теорією та практикою, що дає можливість учням застосовувати теоретичні знання в реальних або змодельованих ситуаціях. Це оцінює не лише засвоєння матеріалу, але й рівень креативного мислення, самостійності та ініціативності. Досвід упровадження проєктної діяльності на уроках фізики свідчить, що учні активніше пропонують альтернативні ідеї та демонструють готовність до самостійних досліджень. Таким чином,

розвиток творчого потенціалу в STEM-освіті має не лише теоретичне, але й практичне значення для сучасної школи.

Поняття «творчий потенціал» розвивалося на основі досліджень креативності та творчого мислення у психології XX століття. Дж. Гілфорд акцентував на важливості дивергентного мислення - здатності генерувати різноманітні ідеї та знаходити кілька варіантів рішень. Це стало основою для розуміння творчого потенціалу як здатності до генерації нових рішень. Е. Торранс розробив тести креативності Torrance Tests of Creative Thinking (ТТСТ) [67], що дозволили вимірювати рівень творчого потенціалу і виділити ключові показники креативності, такі як біглисть, гнучкість, оригінальність і деталізація ідей.

Т. Амейбл запропонувала компонентну теорію, яка підкреслила, що креативність залежить від когнітивних особливостей, знань, навичок творчого мислення та мотивації [66]. Вона розглядала творчий потенціал як інтегрований ресурс, що реалізується за наявності відповідних умов. Модель поєднує когнітивний, діяльнісний і мотиваційний аспекти, роблячи поняття «творчий потенціал» прикладним до освітнього процесу. Це підтверджує, що для розвитку творчого потенціалу учнів важливо створювати середовище, де знання, навички та мотивація взаємодіють. У навчанні фізики з використанням STEM-технологій інтеграція експерименту та міждисциплінарних зв'язків відкриває можливості для реалізації творчих ресурсів учнів.

М. Чіксентміхайї запропонував системний підхід до творчості, вважаючи її результатом взаємодії трьох складників: особистості, домену знань і соціального середовища [66]. У шкільному навчанні розвиток творчого потенціалу залежить від індивідуальних характеристик учня, стилю педагогічної взаємодії та атмосфери в класі. Інвестиційна теорія Р. Стернберга та Т. Льюбарта також підкреслює важливість інтелектуальних, особистісних і мотиваційних характеристик, що реалізуються в сприятливому соціальному контексті [67]. Творчий потенціал можна визначити як

багатовимірне явище, яке включає когнітивні процеси, особистісні фактори, знання у певній сфері та соціально-культурний контекст, і лише їх взаємодія забезпечує повноцінну реалізацію креативності.

Практика навчання фізики підтверджує, що високий рівень знань сам по собі не гарантує творчості в умовах репродуктивного навчання. Натомість середовище, що стимулює дослідження та експеримент, сприяє розкриттю творчого потенціалу. В українській науковій традиції ця проблема розглядається як частина цілісного розвитку особистості і пов'язується з освітнім процесом. В. О. Моляко визначав творчий потенціал як інтегральну характеристику, що включає когнітивні здібності, інтелектуальну активність, уяву, емоційно-мотиваційну сферу та готовність до досліджень [64]. Він підкреслював, що творчий потенціал формується у процесі навчання, а освітнє середовище є ключовим для його розвитку. С.О. Сисоєва акцентує на необхідності створення умов для розкриття можливостей учнів, де вчитель є організатором творчої діяльності та фасилітатором навчання [65]. В.О. Холоденко уточнює структуру творчого потенціалу, виділяючи когнітивний, емоційно-мотиваційний та діяльнісний компоненти [65]. Н.М. Латиш досліджує діагностику та методики розвитку творчого потенціалу учнів, підкреслюючи індивідуальні відмінності у здатності до генерації ідей, навіть у молодшому віці [64]. Таким чином, творчий потенціал розглядається як комплексна характеристика, що поєднує інтелектуальні, емоційні та діяльнісні аспекти, із акцентом на створення освітнього середовища, яке підтримує ініціативність і самореалізацію учнів.

Творчий потенціал визначається як складне інтегративне утворення, що поєднує когнітивні, мотиваційні, емоційні та діяльнісні характеристики особистості. Його структура охоплює як внутрішні (індивідуальні), так і зовнішні умови для реалізації творчих можливостей. Когнітивний компонент пов'язаний зі здатністю до творчого мислення, зокрема дивергентності та оригінальності [66, 67]. У навчанні фізики це проявляється у здатності пропонувати альтернативні шляхи розв'язання задач та створювати гіпотези.

Емоційно-мотиваційний компонент характеризується внутрішнім інтересом до навчання та готовністю до самостійного пошуку знань. Це проявляється в участі учнів у дослідницьких проєктах. Вольовий компонент забезпечує можливість доводити ідеї до завершення, як зазначав С.О. Моляко. Діяльнісний компонент пов'язаний з трансформацією ідей у продукти чи проєкти [65], що у фізичній освіті проявляється в створенні експериментальних установок. Важливим є також соціально-комунікативний компонент, який включає взаємодію в навчальному середовищі, де соціальне оточення забезпечує розвиток креативності [66]. Таким чином, творчий потенціал учнів є багаторівневою системою, де когнітивні здібності, мотивація, вольові якості, практичні навички та соціальні умови взаємодіють для повноцінної реалізації ідей.

У сучасній освіті, зокрема в умовах STEM-орієнтованого навчання, важливо створювати педагогічні ситуації, що активізують взаємодію всіх компонентів творчого потенціалу учнів. Це дає можливість не лише оцінювати рівень творчого потенціалу, а й розвивати його в процесі навчання фізики. Психологічні дослідження зосереджуються на структурі та когнітивних механізмах творчості [66, 67], тоді як педагогіка досліджує умови, засоби та технології, що сприяють реалізації креативності в освітньому процесі. У педагогічній практиці творчий потенціал проявляється у здатності формулювати проблеми, висувати гіпотези, знаходити нестандартні способи розв'язання задач, інтегрувати знання з різних предметів, ініціювати проєкти та ефективно співпрацювати з однокласниками.

Особливо важливим є розвиток творчого потенціалу вивчення фізики, оскільки експериментальна природа предмета дає учням змогу спостерігати явища, ставити досліди та створювати моделі, що відкриває широкі можливості для креативного пошуку. Фізика, поєднуючи математичні, інформатичні та технічні знання, сприяє міжпредметній творчості. STEM-орієнтація стимулює використання фізичних знань для розробки інженерних рішень, підсилюючи мотиваційний та діяльнісний компоненти творчого

потенціалу.

Основним завданням учителя є створення освітнього середовища, яке не лише передає знання, але й стимулює їхнє творче використання. Ефективними є стратегії проблемного навчання з завданнями, що мають відкритий кінець і потребують пошуку кількох альтернативних рішень, а також дослідницькі проєкти, що охоплюють формулювання гіпотез, планування, проведення експериментів і презентацію результатів. Важливим є також використання ігрових та моделювальних технологій, що дозволяють учням виконувати роль науковців чи інженерів, а також цифрових інструментів і комп'ютерних симуляцій, що розширюють можливості експериментування і творчої діяльності.

Досвід показує, що учні, які навчаються в традиційних умовах, орієнтованих на відтворення знань, часто мають нижчий рівень ініціативності та оригінальності. Натомість залучення до проблемних та STEM-орієнтованих завдань підвищує активність навіть у учнів із середнім рівнем успішності, відкриваючи прихований творчий потенціал і сприяючи його розвитку [64, 65].

Розвиток творчого потенціалу в навчанні фізики потребує поєднання індивідуального підходу та колективної дослідницької діяльності. Це забезпечує взаємодію особистісних характеристик учня, навчального середовища та соціального контексту. Ефективність цього процесу залежить від психолого-педагогічних умов, які сприяють розвитку креативності. Ключовою умовою є мотиваційне середовище, де внутрішня мотивація є основним чинником творчої активності [66]. Уроки фізики стають креативними, коли завдання практичні і включають самостійне експериментування. Важливою є атмосфера психологічної безпеки, де учень може проявити оригінальність без страху помилитися.

Значний потенціал має організація навчальної діяльності на основі дослідницького та проблемного підходів. Вона передбачає постановку відкритих запитань і завдань, що не мають єдиної правильної відповіді. Так,

під час вивчення законів динаміки учням доцільно пропонувати моделювання нестандартних ситуацій руху тіл, використовуючи як традиційні прилади, так і комп'ютерні симуляції. Важливою умовою розвитку творчості є застосування технологій інтегрованого та STEM-навчання. Міжпредметна взаємодія допомагає учням бачити практичне застосування фізики в інженерії, техніці чи природничих дослідженнях, що посилює мотивацію і водночас формує навички творчого використання знань.

Окремого значення набуває індивідуалізація та диференціація навчання. Творчий потенціал школярів проявляється по-різному: одні схильні до генерації ідей, інші - до експериментальної діяльності чи візуалізації результатів. Завдання педагога полягає у створенні можливостей для розкриття різних аспектів креативності через індивідуальні та групові проекти, конкурси й наукові гуртки.

У науковій та педагогічній практиці проблема діагностики творчого потенціалу має особливу вагу, оскільки саме коректне його вимірювання забезпечує можливість цілеспрямованого розвитку. Дослідження свідчать, що цей феномен охоплює когнітивні, особистісні та мотиваційні компоненти, тому його оцінювання потребує багатомірного підходу. Одним із найпоширеніших у XX столітті інструментів стали тести креативного мислення Е. Торранса, спрямовані на виявлення біглості, гнучкості, оригінальності та деталізації [67]. Вони дали змогу отримати перші надійні психометричні показники творчості, які поступово інтегрувалися в освітню практику. Проте пряме застосування цих методик у школі потребує адаптації, адже результати тестів у підлітковому віці не завжди відображають реальний рівень креативності учнів на уроках [65]. Вагомим доповненням є проєктивні методики, що дозволяють виявити індивідуальні особливості, емоційно-мотиваційну сферу й готовність до творчої діяльності. Асоціативні завдання, методики незакінчених речень чи малюнкові тести сприяють вільному самовираженню учня та демонструють не лише інтелектуальний рівень креативності, а й ініціативність та інтерес до творчої роботи. Зростає також

значення педагогічних методів - спостереження, аналізу навчальної діяльності, оцінки участі школярів у дослідницьких і проєктних завданнях. У процесі практичних робіт з фізики найвиразніше виявляються творчі здібності: уміння ставити нестандартні запитання, пропонувати оригінальні рішення чи ініціювати нові способи дослідження [64]. Таким чином, найбільш продуктивними є комплексні підходи до діагностики, що поєднують психометричні, проєктивні та педагогічні методики. Це дає можливість не лише фіксувати рівень розвитку творчого потенціалу, але й відстежувати його динаміку у процесі навчання, що набуває особливої ваги в умовах STEM-освіти.

Таким чином, діагностика творчого потенціалу виконує подвійну функцію: з одного боку, вона дає змогу кількісно та якісно визначити рівень розвитку креативності учнів, а з іншого - стимулює їх до активності, адже участь у подібних завданнях спонукає до прояву ініціативності, пошуку нових рішень і нестандартного мислення. Тому діагностичні процедури доцільно розглядати не лише як інструмент вимірювання, а й як педагогічний засіб формування творчої особистості. У науковій літературі творчий потенціал визначається як багатовимірне утворення, що охоплює когнітивні, мотиваційні, особистісні та соціальні компоненти. У навчанні фізики це поняття набуває операційного значення й може трактуватися як інтегральна характеристика особистості учня, яка проявляється у здатності самостійно ставити проблеми, висувати та перевіряти гіпотези, будувати моделі природних явищ, інтегрувати знання з різних предметів і знаходити оригінальні шляхи їх практичного застосування. Розвиток цього потенціалу забезпечується поєднанням інтелектуальних здібностей, дослідницької активності, мотиваційної зацікавленості та сприятливого освітнього середовища, що стимулює пізнавальний інтерес і творчу самореалізацію. Його зміст безпосередньо узгоджується з ключовими компетентностями Нової української школи. Зокрема, розвиток творчого потенціалу у фізиці корелює з формуванням математичної та природничої компетентностей,

умінням учитися впродовж життя, ініціативністю, підприємливістю та інноваційністю. Володіння навичками роботи з інформацією, критичного аналізу, створення нових рішень і презентації результатів досліджень відповідає вимогам компетентісно орієнтованої освіти. Важливим є й зв'язок творчого потенціалу зі STEM-освітою, адже навчання фізики у цьому форматі передбачає практичну апробацію ідей через експеримент, моделювання, використання цифрових технологій та інтеграцію з технічними й інженерними дисциплінами. Така інтегративність дає можливість розглядати творчий потенціал не лише як індивідуальну якість, а й як здатність учнів ефективно долучатися до командної проєктної діяльності, створюючи продукти з реальним практичним значенням.

Отже, у межах даного дослідження під творчим потенціалом учнів у навчанні фізики пропонується розуміти цілісну систему інтелектуальних, мотиваційних і діяльнісних характеристик школярів, що виявляється у здатності до генерування та реалізації нових ідей у процесі пізнання природних явищ і розвивається завдяки компетентісно зорієнтованій та STEM-спрямованій освітній діяльності.

1.2. Методологічні основи використання STEM-технологій у навчанні фізики

STEM-технології об'єднують науку, технології, інженерію та математику, інтегруючи їх у навчальний процес, що дає учням змогу застосовувати знання з цих сфер у реальних ситуаціях. Цей підхід сприяє розвитку навичок вирішення проблем, критичного мислення та креативності через інтегровані завдання. STEM також дає можливість проводити навчання через проєкти, дослідження та експерименти, активно залучаючи учнів до процесу.

Історія STEM розпочалася в 1990-х роках у США через потребу в спеціалістах для високотехнологічних галузей, зумовлену науково-технічним прогресом. Згодом концепція поширилася на інші країни. В Україні STEM став частиною новітніх освітніх реформ, що відповідають вимогам до

підготовки кваліфікованих кадрів для інноваційних секторів економіки. У цьому підході акцент робиться не тільки на теоретичних знаннях, а й на їх практичному застосуванні через експерименти, дослідження та проєкти. STEM-освіта важлива для формування нових компетентностей учнів, таких як аналітичне мислення, вміння вирішувати проблеми та працювати в команді. Цей підхід готує учнів до реальних завдань і технологій, що активно використовуються в сучасному світі, сприяючи розвитку креативності та практичних навичок через міждисциплінарне навчання.

Основні принципи STEM полягають в інтеграції науки, технологій, інженерії та математики, що дає можливість учням застосовувати знання на практиці, працюючи над проєктами, що вимагають використання кількох дисциплін одночасно. STEM стимулює розвиток креативності та прийняття рішень на основі реальних даних. Інтеграція дисциплін допомагає зрозуміти, як наукові та технічні знання можуть взаємодіяти в різних сферах життя. Реалізація STEM вимагає змін у педагогічних стратегіях, де важливе не лише теоретичне навчання, але й організація процесу так, щоб учні могли працювати над проєктами, що заохочують дослідження, експерименти та співпрацю. Використання цифрових технологій та комп'ютерних симуляцій дає можливість створювати реалістичні умови для вивчення фізичних явищ та застосування знань. Педагоги повинні бути наставниками, що сприяють розвитку ініціативи та критичного мислення учнів.

Порівняння традиційних підходів та STEM у викладанні фізики показує, що традиційні методи зосереджені на передачі знань через лекції та стандартизовані завдання, що обмежує взаємодію учнів з реальними ситуаціями [65].

STEM-методологія вимагає інтеграції знань з науки, технологій, інженерії та математики для вирішення реальних проблем. Викладання фізики в цьому контексті виходить за межі теоретичних знань, орієнтуючись на практичні та проєктні завдання, які дозволяють учням застосовувати знання в реальних умовах. Основною метою є розвиток навичок дослідження

та самостійного пошуку рішень, що стимулює творчий підхід до навчання. Учні займаються активною діяльністю, що допомагає їм краще розуміти фізичні явища та закономірності [64].

Ключові методи STEM для розвитку фізичних компетенцій учнів включають проектне навчання, експериментування та використання цифрових інструментів. Учні створюють моделі фізичних явищ, проводять експерименти та розв'язують складні проблеми, застосовуючи теоретичні знання на практиці. Дослідницька діяльність дає змогу вивчати фізику через реальні ситуації. Проблемні ситуації сприяють розвитку критичного мислення, оскільки учні самостійно шукають рішення, працюючи в команді та обговорюючи варіанти.

STEM-навчання фізики через практичні та проектні завдання набуває особливого значення, оскільки воно дає учням можливість бачити безпосередній зв'язок між теорією і практикою. Наприклад, під час виконання проектів з фізики учні можуть створювати власні прилади, використовувати сучасні цифрові технології для моделювання фізичних явищ чи проводити лабораторні експерименти. Такий підхід не тільки підвищує зацікавленість учнів, а й дає можливість їм розвивати навички, які будуть корисними в їхній майбутній кар'єрі. Крім того, практичні завдання допомагають учням краще зрозуміти важливість фізичних законів і їх застосування в реальному житті [65, 64].

Активні методи навчання, такі як проблемне навчання, дослідницькі проєкти та практичні експерименти, відіграють ключову роль у STEM-підході, формуючи здатність учнів самостійно вирішувати проблеми та застосовувати знання в нових умовах. Проблемне навчання передбачає роботу над завданнями без єдиного правильного рішення, що розвиває логічне мислення та креативність. Дослідницькі проєкти дозволяють застосовувати знання на практиці, а практичні експерименти - спостерігати фізичні явища, перевіряти гіпотези та робити висновки, що покращує розуміння фізичних принципів. Ці методи сприяють розвитку практичних навичок та критичного мислення [67].

Інтеграція предметів, таких як математика, технології та інженерія, у викладання фізики є основною рисою STEM. Це дає можливість учням бачити, як знання з різних дисциплін взаємодіють і допомагають вирішувати реальні проблеми. Викладання фізики в STEM вимагає використання математичних методів, технологій для моделювання та інженерних підходів для створення технічних рішень, що підвищує рівень розуміння фізичних концепцій.

Формування міжпредметних зв'язків є важливим для розвитку креативного та критичного мислення учнів. Стикання з реальними завданнями, які вимагають знань з кількох предметів, навчає учнів знаходити нестандартні рішення, обирати найкращий підхід і аргументувати свої вибори. Це допомагає розвивати здатність аналізувати ситуацію з різних точок зору та інтегрувати знання з різних сфер для вирішення комплексних проблем. Такий підхід особливо важливий у фізиці, де багато явищ мають математичну основу, але також потребують врахування технологічних та інженерних аспектів.

Для успішного впровадження STEM в навчання фізики необхідно створити відповідні методичні та організаційні умови. Вчителі мають бути готові до застосування нових методів інтеграції дисциплін та постійно вдосконалювати свої професійні компетенції. Важливою є також матеріально-технічна база для проведення експериментів і реалізації проєктних завдань, а також доступ до інноваційних методів навчання, таких як цифрові інструменти і симуляції.

Проектна діяльність та дослідницькі роботи є ключовими складовими STEM-підходу в навчанні фізики. Вони дозволяють учням не лише засвоювати фізичні закони, але й застосовувати їх на практиці, вирішуючи реальні завдання. У процесі роботи над проєктами учні здобувають досвід планування, експериментів, аналізу результатів і презентації досягнень. Це сприяє розвитку важливих навичок, таких як самостійність, ініціативність та здатність до критичного осмислення результатів. Дослідницька діяльність

допомагає учням побачити практичне застосування фізики та підготувати їх до майбутньої професійної діяльності в умовах науково-технічних змін.

Для успішного впровадження STEM в навчання фізики важливі професійні якості вчителя. Вчитель повинен володіти глибокими знаннями, інтегрувати інформацію з інших дисциплін, таких як математика, інженерія та технології, а також використовувати новітні методи і інструменти навчання, такі як цифрові технології. Педагог має організувати навчальний процес, що мотивує учнів до активного пошуку та розв'язування проблем, що є важливою частиною STEM-методології [65, 64].

Організація навчального процесу через STEM-технології вимагає нового підходу до планування уроків та оцінювання. Вчитель має перейти до проблемно-орієнтованого навчання, залучаючи учнів до розв'язання практичних завдань через проектні завдання, експерименти та створення моделей. Оцінювання повинно враховувати не тільки кінцевий результат, а й процес, зокрема ініціативу учнів, їх здатність до співпраці та нестандартних рішень. Це сприяє розвитку критичного мислення, креативності та командної роботи [66, 67].

Роль вчителя в STEM-освіті полягає у створенні інклюзивного середовища, підтримуючи різноманітність учнівських інтересів і можливостей. Вчитель має адаптувати матеріал для різних рівнів учнів, надавати індивідуальні стратегії та створювати атмосферу, де помилки сприймаються як частина навчального процесу. Важливе значення має робота в групах, де учні можуть обмінюватися ідеями та працювати разом.

Впровадження STEM вимагає від учителя не тільки глибоких знань, а й здатності інтегрувати ці знання з іншими дисциплінами, такими як математика, технології та інженерія. Важливими професійними якостями є здатність до міждисциплінарної роботи, готовність до експериментування та володіння сучасними освітніми технологіями [29, 20].

Для ефективного застосування STEM-технологій вчитель має володіти кількома ключовими компетенціями. Перш за все, це здатність планувати

уроки, які поєднують теоретичні аспекти фізики з практичними завданнями, експериментами та проектами, що інтегрують знання з інших дисциплін. Оцінювання повинно бути комплексним, враховуючи креативність, командну роботу, ініціативність та самостійність учнів, щоб краще відстежувати їхній прогрес та стимулювати саморозвиток [66, 67].

Важливою складовою є створення сприятливого навчального середовища, яке мотивує учнів. Вчитель має використовувати технології, інженерні проекти та практичні завдання, що стимулюють пізнавальний інтерес. Це допомагає учням бачити реальне застосування знань та розвивати творчі здібності через інноваційні методи, такі як дослідницькі проекти та комп'ютерні симуляції.

Загалом, роль учителя в STEM-освіті виходить за межі традиційного викладання, включаючи функції організатора, фасилітатора та мотиватора, що створює умови для розвитку унікальних здібностей учнів та їхнього критичного і творчого мислення. Це готує учнів до вирішення складних міждисциплінарних завдань, що є основою для кар'єри в науці, технологіях та інженерії [65]. Впровадження STEM-освіти в навчання фізики стикається з проблемами, зокрема, відсутністю достатньої підготовки вчителів до інтеграції нових технологій та міждисциплінарних підходів. Багато педагогів не мають необхідних навичок для роботи з STEM, що ускладнює використання інтегрованих методів навчання. Недостатня матеріально-технічна база навчальних закладів та відсутність спеціалізованих курсів для вчителів також створюють бар'єри для впровадження STEM [29, 65].

Ще однією проблемою є адаптація навчальних програм до вимог STEM-підходу. Більшість програм зосереджені на теоретичних знаннях, що потребує значних змін у навчальному процесі та оновлення методичних матеріалів. Потрібна розробка нових підручників і ресурсів, які поєднують теорію з практичною діяльністю.

Проте є позитивні перспективи розвитку STEM в Україні. Спостерігається активне впровадження STEM за підтримки державних

органів та міжнародних ініціатив. Важливою є розробка єдиного стандарту для STEM-освіти та співпраця між школами, університетами та науковими установами для створення єдиного науково-освітнього простору. Розвиток програм підготовки вчителів є важливим кроком для впровадження нових технологій у навчання [66].

Використання STEM-технологій у навчанні фізики є важливим кроком до модернізації освіти, оскільки воно дає можливість інтегрувати різні дисципліни, сприяє розвитку креативного та критичного мислення учнів і готує їх до вирішення складних завдань сучасного суспільства. Впровадження STEM-освіти покращує якість викладання фізики та підвищує зацікавленість учнів у природничих науках.

Однак для успішної реалізації STEM у шкільному навчанні необхідно вирішити кілька важливих проблем. Першою є підготовка вчителів, які повинні мати не лише предметні знання, а й здатність інтегрувати різні дисципліни, використовувати сучасні технології та проводити дослідницьку роботу. Другою є необхідність адаптації навчальних планів і програм до вимог STEM, що вимагає значних зусиль від органів освіти та педагогічних колективів. Третьою проблемою є створення належної матеріально-технічної бази для проведення експериментів, проектів та інтегрованих уроків.

Для ефективного впровадження STEM-освіти необхідно розробити програми підготовки вчителів, оновити навчальні плани та підручники, встановити партнерства між навчальними закладами та науковими установами, а також інвестувати в розвиток матеріально-технічної бази шкіл. Важливо також підтримувати державні ініціативи, спрямовані на розвиток STEM в Україні через міжнародні програми та проекти. У цілому, STEM-освіта має великий потенціал для розвитку в Україні, але для її успішного впровадження потрібно усунути існуючі бар'єри та модернізувати освітні програми [29, 64, 67].

1.3. Інтеграція фізики з іншими дисциплінами як засіб розвитку творчого мислення

Сучасні виклики глобалізованого світу вимагають від освіти формування в учнів цілісного наукового світогляду, здатності бачити міждисциплінарні зв'язки та вирішувати складні, багатогранні проблеми. У цьому контексті інтеграція навчальних дисциплін виступає не просто педагогічним прийомом, а потужним каталізатором розвитку творчого мислення, яке є ядром творчого потенціалу особистості. Фізика, будучи фундаментальною наукою про фундаментальні закони природи, відкриває унікальні можливості для такого інтегрованого підходу, особливо в єдності з технологіями, інженерією та математикою в рамках STEM-освіти.

Механізми розвитку творчого мислення через інтеграцію дисциплін сприяє розвитку творчого мислення через кілька механізмів:

- розширення контексту. Учні розуміють, що знання не існують у вакуумі, а застосовуються у різних галузях, що розширює їхні можливості щодо знаходження оригінальних рішень.
- аналогічне мислення. Здатність визнавати аналогії між явищами в різних дисциплінах виховує гнучкість мислення та здатність трансферувати знання.
- синтез нового знання. Комбінування концепцій з кількох дисциплін дає можливість учням створювати нові способи розв'язання проблем.
- підвищення мотивації. Коли учні бачать прямі застосування фізики у реальному світі через інші дисципліни, посилюється їхня мотивація до навчання.

Інтеграція в освіті розуміється як дидактичний принцип і одночасно метод, спрямований на об'єднання знань і умінь з різних предметних галузей навколо єдиної проблеми або теми, що призводить до формування цілісної системи знань і компетентностей. У контексті розвитку творчого мислення інтеграція виконує кілька ключових функцій. По-перше, вона дає можливість подолати предметну фрагментарність. Творче мислення найефективніше

проявляється саме на «стиках» наук, де знання, методи та підходи з однієї галузі можна нестандартно застосувати в іншій. Інтеграція фізики з іншими дисциплінами руйнує штучні академічні бар'єри, спонукаючи учнів до інтелектуальних міграцій та перенесення ідей. По-друге, інтеграція дає можливість моделювати реальні проблеми. У реальному житті та професійній діяльності проблеми не поділені на «фізичні», «хімічні» чи «біологічні». Створення екологічно чистого джерела енергії, розробка штучного супутника, оптимізація роботи медичного обладнання чи навіть конструювання міцного та естетичного мосту – це комплексні завдання, робота над якими вимагає від учнів синергії знань, що безпосередньо стимулює творчий пошук і генерацію нових рішень. По-третє, інтеграція сприяє розвитку гнучкості та системності мислення. Здатність аналізувати явище чи процес з різних точок зору, коли фізика пояснює фундаментальні принципи, хімія – властивості матеріалів, біологія – вплив на живі організми, а мистецтво – естетичні аспекти, робить мислення учня більш гнучким, об'ємним і системним, що є ключовою ознакою творчої особистості.

Основні напрями інтеграції фізики в межах STEM-освіти охоплюють різні аспекти, які дозволяють об'єднати теоретичні знання з практичними застосунками та сприяють розвитку творчого і критичного мислення учнів. Одним з найтісніших напрямів є інтеграція фізики з математикою, оскільки математика є мовою фізики. Важливо, щоб інтеграція виходила за межі простого використання формул для обчислень. Наприклад, математичне моделювання дає можливість учням створювати комп'ютерні моделі фізичних процесів, таких як рух тіл під дією змінної сили або траєкторії руху планет, з використанням програмних середовищ, таких як GeoGebra, Python чи MATLAB. Це вимагає творчого застосування математичного апарату, зокрема диференціальних рівнянь та числових методів, для опису та прогнозування реальних явищ. Крім того, візуалізація та аналіз залежностей, таких як побудова графіків руху, електричних коливань або розподілу температур, допомагають розвивати абстрактно-логічне мислення та

здатність «бачити» математичні закономірності в фізичних процесах.

Інтеграція фізики та технологій або інженерії (технічної творчості) є ще одним важливим напрямом, який включає практичне застосування знань. Творчий потенціал учнів розкривається через вирішення прикладних інженерних завдань. Наприклад, учні не лише вивчають закони механіки, а й використовують їх для створення моделей ракет, мостів з паличок, вітрогенераторів або сонячних печей. Такі проекти інтегрують знання з фізики (динаміка, статика, електродинаміка) з інженерним дизайном. Крім того, проектно-дослідницька діяльність, робототехніка та автоматизація, такі як програмування роботів для виконання конкретних завдань, ґрунтуються на інтеграції знань з механіки, електрики та інформатики. Використання цифрових лабораторій для збору, обробки та аналізу даних під час експериментів допомагає перетворити абстрактні фізичні поняття на конкретні числові масиви та графіки, що сприяє глибшому розумінню та творчому експериментуванню.

Інтеграція фізики з хімією та біологією є важливим аспектом природничо-наукової освіти. Вивчення атомної та ядерної фізики, термодинаміки та агрегатних станів речовини допомагає зрозуміти хімічні процеси та реакції. Наприклад, створення гальванічного елемента або дослідження електролізу є прикладами інтеграційних проектів, що поєднують фізику і хімію. Водночас фізика та біологія, зокрема біофізика, дозволяють розібратися в фізичних принципах, що лежать в основі біологічних функцій, таких як оптика в будові ока, акустика в роботі слухового апарату, механіка в опорно-руховому апараті або принципи циркуляції крові. Проекти, що досліджують аеродинаміку польоту птаха чи біомеханіку руху людини, наочно демонструють взаємозв'язок між біологією та фізикою.

Інтеграція фізики з гуманітарними дисциплінами та мистецтвом також має важливе значення. Вивчення історичного контексту наукових відкриттів, таких як вплив винаходу парової машини на промислову революцію, чи

обговорення фізичних явищ, описаних у літературних творах, дає можливість учням розвивати системне мислення та розуміти взаємозв'язок науки і суспільства. Окрім того, фізика і музика чи образотворче мистецтво можуть бути об'єднані через дослідження фізики звуку, акустики, резонансу та стоячих хвиль, що пояснює принципи роботи музичних інструментів і фізіології сприйняття звуку. Оптика, теорія кольору та закони перспективи стають науковою основою живопису, архітектури та фотографії. Вивчення цих аспектів дає можливість учням реалізовувати творчі проекти, такі як створення простих музичних інструментів чи дослідження фізики світла і тіні в картинах або аналіз архітектурних споруд з точки зору фізики міцності та стійкості.

Таким чином, інтеграція фізики з іншими дисциплінами в рамках STEM-підходу трансформує навчальний процес з пасивного засвоєння розрізнених фактів в активну творчу майстерню, де учень виступає як дослідник, інженер і творець. А також створює умови, де творче мислення не є винятком, а природним результатом навчального процесу [65].

Вона створює природне середовище, де учні: стикаються з відкритими, багатозначними завданнями, що не мають єдиного правильного рішення; змушені комбінувати, синтезувати знання з різних предметних галузей; експериментують, створюють власні макети, моделі та продукти; навчаються бачити красу, логіку та єдність наукового пізнання світу.

Цей процес безпосередньо сприяє розвитку ключових компонентів творчого мислення: гнучкості, оригінальності, допитливості, здатності до аналізу та синергії ідей, що в сукупності і формує розвинений творчий потенціал учня, готового до ефективної діяльності в умовах сучасного інноваційного суспільства.

1.4. Роль STEM-освіти у формуванні креативності та дослідницьких навичок учнів

Сучасна система освіти перебуває в умовах глибокої трансформації, що

зумовлено потребами суспільства у творчих, інноваційних, технологічно грамотних особистостях. Одним із найефективніших шляхів реалізації цих потреб є STEM-освіта, яка інтегрує знання з науки (Science), технологій (Technology), інженерії (Engineering) та математики (Mathematics) в єдиний навчальний процес, орієнтований на практичну діяльність і дослідження [63].

STEM-освіта - це інтегрована модель навчання, у якій теоретичні знання поєднуються з реальними завданнями, що мають практичне чи соціальне значення. Вона базується на принципах інтердисциплінарності, проектності, дослідницької діяльності та творчого вирішення проблем [66]. На відміну від традиційного навчання, де учень засвоює готові знання, STEM-підхід формує мислення дослідника, який самостійно висуває гіпотези, експериментує та робить висновки. В українському освітньому просторі STEM-освіта трактується як інструмент модернізації навчального процесу, що поєднує наукове мислення, інженерну діяльність і цифрові технології [65]. Її мета - сформувати компетентну особистість, здатну до творчого використання знань у нових ситуаціях.

Креативність у сучасній педагогіці розглядається як здатність людини продукувати оригінальні ідеї, бачити нестандартні зв'язки між явищами та знаходити нові способи розв'язання проблем [67]. STEM-освіта створює природне середовище для розвитку цих якостей, адже її зміст та методи спрямовані на активне залучення учнів у пошуково-творчу діяльність.

Формуванню креативності сприяють:

Орієнтація на проблему, а не на відтворення. На відміну від традиційного навчання, де часто існує одне «правильне» рішення, STEM-завдання є відкритими і допускають множину шляхів вирішення. Це змушує учнів шукати нестандартні підходи, експериментувати з ідеями, тим самим тренуючи гнучкість та оригінальність мислення [11, с. 58].

Сприяння дивергентному мисленню. Процес інженерного дизайну, який є серцевиною багатьох STEM-проектів (наприклад, «спроєктуй найефективнішого вітрогенератора»), вимагає від учнів генерації якомога

більшої кількості ідей перед тим, як обрати оптимальну. Така діяльність безпосередньо розвиває дивергентне мислення – основу творчості.

Ітеративність та право на помилку. STEM-підхід заохочує ітераційний процес «спробуй – перевір - вдосконали». Невдалий експеримент або конструкція розглядається не як провал, а як цінний досвід, що наближає до знахідки. Така безпечна середовище знижує страх помилитися, що є критично важливим для прояву творчої ініціативи [12, с. 91].

Візуалізація та моделювання. Використання сучасних технологій (3D-моделювання, комп'ютерна симуляція) дає можливість учням візуалізувати абстрактні концепції та «грати» з параметрами своїх проєктів, що сприяє народженню нових ідей та нестандартних рішень.

Таким чином, STEM не лише передає знання, а й створює умови для творчого мислення, самостійного пошуку та відкриття нового.

Однією з ключових переваг STEM-освіти є її дослідницький характер. У центрі навчального процесу - проблемне завдання, яке потребує пояснення, перевірки чи моделювання. Учні діють як дослідники, проходячи всі етапи наукового пізнання: від формулювання гіпотези до аналізу результатів [66].

STEM-уроки з фізики передбачають застосування експериментальних методів, моделювання та цифрових технологій. Учні вимірюють параметри за допомогою датчиків, створюють комп'ютерні моделі явищ, аналізують отримані дані [64]. Такий підхід формує: навчання через відкриття. Замість того, щоб отримувати готові знання, учні в STEM-середовищі самі «відкривають» фізичні закони через експерименти та дослідження. Наприклад, вивчення законів динаміки Ньютона може відбуватися через дослідження руху возика з різними масами та силами тяги за допомогою датчиків руху.

Робота з реальними даними. Використання цифрових лабораторій, датчиків, мікроконтролерів (наприклад, Arduino) вчить учнів не тільки збирати дані, але й критично їх аналізувати, виявляти закономірності, відрізняти похибки від реальних ефектів, що є основою наукової грамотності

[4, с. 42].

Формування наукового методу. Будь-який завершений STEM-проект (від дослідження кислотності ґрунту до програмування робота-місiонера) ґрунтується на циклі наукового пізнання:

проблема → гіпотеза → експеримент → аналіз → висновок.

Систематична робота за цією схемою перетворює її на усталену модель мислення.

Розвиток критичного мислення. Учні навчаються оцінювати ефективність своїх рішень, порівнювати різні підходи, аргументувати свої висновки на основі отриманих даних. Це формує здатність до самостійного та обґрунтованого пізнання. Це сприяє розвитку наукового типу мислення, що є основою творчої та професійної самореалізації особистості у ХХІ столітті [67].

Важливою рисою STEM-освіти є інтеграція науки, техніки та креативності в єдиний навчальний простір. Цей підхід поєднує когнітивний, емоційно-мотиваційний і діяльнісний компоненти розвитку особистості [63]. Використання STEM-технологій у навчанні фізики сприяє не лише засвоєнню знань, а й вихованню впевненості, ініціативності, самостійності - рис, необхідних для креативної особистості [66].

У межах STEM-освіти формується «мислення творця», що базується на спостереженні, експерименті, аналізі та творчому пошуку нових рішень [66]. Це мислення дає можливість учням бачити міжпредметні зв'язки, переносити знання у нові контексти та створювати власні інноваційні ідеї.

Тому, STEM-освіта є одним із найефективніших напрямів розвитку творчого потенціалу учнів, оскільки поєднує наукові, технічні та гуманітарні компоненти пізнання. Її використання у процесі навчання фізики сприяє формуванню креативності, інноваційності та гнучкості мислення; розвитку дослідницьких навичок через експерименти, моделювання та проєкту діяльність; підвищенню мотивації до навчання, адже учні бачать практичне застосування своїх знань; формуванню компетентної, самостійної, творчої

особистості, готової до викликів сучасного технологічного світу.

Таким чином, STEM-освіта виступає не лише технологією навчання, а педагогічною філософією, яка орієнтує учня на дослідження, творчість і саморозвиток упродовж життя [64, 67].

РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТВОРЧОГО ПОТЕНЦІАЛУ УЧНІВ НА УРОКАХ ФІЗИКИ

2.1. Опис сучасних підходів до навчання фізики із застосуванням STEM-технологій

Методики STEM-навчання у фізиці ґрунтуються на інтегрованому та діяльнісному підходах. Учні не лише вивчають фізичні закони, а й застосовують їх під час розв'язання міждисциплінарних проблем: створення технічних моделей, програмування систем, аналізу природних явищ за допомогою цифрових технологій [66].

Так, основна ідея STEM-підходу у фізичній освіті полягає в тому, щоб кожне навчальне завдання було пов'язане з реальною проблемою, яку потрібно дослідити або розв'язати за допомогою знань із різних галузей [66].

Серед найбільш ефективних методик, що впроваджуються у навчання фізики в рамках STEM-освіти, можна виділити такі як: проєктно-дослідницька методика передбачає виконання учнями індивідуальних або групових STEM-проєктів, у яких фізичні явища вивчаються через практичну реалізацію певного задуму: створення моделі сонячного колектора, дослідження ефективності енергозбереження, вимірювання теплопередачі в різних матеріалах [64].

Більш детальний приклад: Розробка моделі екологічно чистого джерела енергії: Учні досліджують принципи роботи сонячних батарей (фізика), конструюють їхню модель (інженерія), використовуючи підручні матеріали та мікроконтролери (технології), проводять розрахунки ефективності (математика) та аналізують отримані дані. Або, створення «розумного» будинку: Учні вивчають закони електрики, термодинаміки, використовують датчики температури, вологості, освітленості (фізика, технології), програмують систему автоматичного керування (інформатика) для оптимізації енергоспоживання (інженерія). Чи, дослідження законів коливань за допомогою датчиків руху та програмного забезпечення для аналізу даних

(Logger Pro) допомагає учням краще зрозуміти теорію та розвинути навички роботи з сучасним обладнанням

Проектна діяльність формує самостійність, критичне мислення, здатність планувати дослідження. Проблемно-орієнтоване навчання - це методика, що передбачає навчання через вирішення реальних або змодельованих проблем. Вона є однією з найефективніших. Учні повинні застосовувати фізичні знання для пояснення явищ або розробки технічних рішень, наприклад, як зменшити теплові втрати в будівлях чи як оптимізувати роботу двигуна [66].

Приклад: Проект «Конструювання мосту з максимальною вантажопідйомністю» вимагає від учнів застосування знань про сили, моменти сил, а також творчого підходу до оптимізації конструкції.



Рис. 2.1. Переваги реалізації проектної діяльності із застосуванням STEM-технологій

Цей підхід стимулює розвиток аналітичного мислення, логічної аргументації, дослідницької ініціативи тощо (рис. 2.1). У STEM-практиці широко застосовуються міні-проекти з інженерного дизайну, де учні створюють пристрої або моделі, що ілюструють фізичні принципи через цикл:

«проблема - мозковий штурм - прототипування - тестування - вдосконалення».

Наприклад, механічний маятник, електромагнітний двигун, простий дрон тощо, або побудування найбезпечнішого автомобіля я: Після вивчення законів збереження імпульсу та енергії, учні отримують завдання сконструювати з конструктора (LEGO Mindstorms, інші матеріали) модель

автомобіля, здатну витримати зіткнення. Вони проектують, створюють прототип, тестують його на треку, аналізують дефекти та вдосконалюють конструкцію.

Або ж, створення катапульти з заданою точністю: Учні застосовують знання з кінематики та динаміки обертального руху для розрахунку параметрів катапульти, конструюють її, проводять серію пострілів, збирають дані про дальність польоту снаряда і вносять корективи в конструкцію для підвищення точності.

Виконання таких завдань вимагає не лише знань фізики, а й технічної творчості та навичок командної роботи, системне мислення, вміння працювати в умовах невизначеності та ітераційно вдосконалювати продукт, що є ключовим для творчої інженерної діяльності. Одним із сучасних напрямів є застосування цифрових сенсорів, Arduino-плат, LEGO Education, Phyphox для збору та аналізу даних під час експериментів, PhET Interactive Simulations (University of Colorado Boulder), Algodoo, Tracker, дозволяють моделювати фізичні процеси, які важко або небезпечно відтворити в умовах шкільної лабораторії (наприклад, рух планет, ядерні реакції, хвильові інтерференції). Такі технології розширюють можливості фізичних досліджень, роблять експеримент науково достовірним і водночас доступним для учнів.

Чому не можна зробити це на звичайних уроках? Бо деякі практичні елементи небезпечні (наприклад, вивчення радіоактивного розпаду), а також забезпечують високу точність вимірювань і миттєву обробку даних. Це дає можливість учням зосередитись на аналізі результатів та формуванні висновків, а не на рутинних вимірах [13, с. 56]. Або ж, комп'ютерні симуляції наочно демонструють абстрактні фізичні явища (електромагнітні хвилі, будова атома), дозволяють «грати» з параметрами (маса, швидкість, заряд) і спостерігати зміни в реальному часі, чи: симуляція руху планет навколо Сонця допомагає учням зрозуміти закони Кеплера та гравітацію, а також розвинути вміння аналізувати графіки та робити висновки. Це розвиває

просторове та абстрактне мислення, сприяючи глибшому розумінню сутності явищ.

Так, використання 3D принтера це не методика, але нормалізація використання подібних технологій та відповідно миттєвої реалізації задуманих проєктів, думок стимулює дотримання STEM методології. Технології 3D-друку дозволяють учням створювати фізичні моделі складних об'єктів (наприклад, кристалічних ґраток, деталей механізмів), що сприяє кращому розумінню їхньої будови та функціонування.

До переваг даного методу можна віднести: розвиток просторового мислення та технічних навичок та можливість реалізації творчих ідей у матеріальній формі. Прикладом є виготовлення моделей молекул або планет Сонячної системи допомагає візуалізувати абстрактні поняття та розвинути навички проєктування.

STEM передбачає тісний зв'язок фізики з інформатикою, математикою, біологією, екологією. Наприклад, дослідження руху тіла можна поєднувати з програмуванням у Python, C#, іншим мовах програмування або аналізом даних у середовищі Excel. Такі методики формують цілісне наукове бачення світу [67].

Доволі популярним є робототехніка в рамках інтеграційно-предметному підході та є потужним інструментом інтеграції знань з фізики (механіка, електрика, оптика), програмування та інженерії. Створення та програмування роботів для виконання конкретних завдань є високомотивуючою для учнів діяльністю.

Приклади реалізації: Робот-швидкий поштовий: учні програмують робота пройти від точки А до точки Б за найкоротший час, уникаючи перешкод. Це вимагає застосування знань з кінематики, динаміки, а також алгоритмів обходу перешкод. Або, робот-сортувальник: використовуючи датчик кольору, робот має відсортувати об'єкти. Учні застосовують знання про принципи роботи датчиків (оптика), розробляють механізм сортування (механіка) та пишуть відповідну програму.

Методика перевернутого навчання разом з STEM передбачає, що теоретичний матеріал учні вивчають самостійно вдома (за допомогою відеолекцій, електронних підручників), а аудиторний час присвячується практичній, проектній та дослідницькій діяльності під керівництвом вчителя [14, с. 124]. Здійснення: наприклад, тема «Закони Ньютона». Учні дома переглядають відео, де пояснюються основні поняття. На уроці вони працюють у групах над STEM-проектами: тестують різні типи поверхонь для дослідження сили тертя за допомогою датчиків сили або конструюють модель ракети на повітряній кульці для ілюстрації третього закону Ньютона. Це дає можливість максимально використати час уроку для розвитку творчих та дослідницьких навичок. А додавання мистецтва до STEM розширює можливості для розвитку креативності. Учні можуть візуалізувати фізичні явища через малюнок, скульптуру або музику, що допомагає їм краще зрозуміти та запам'ятати матеріал

Наприклад, при вивченні оптики учні можуть створювати інтерактивні світлові інсталяції, а при вивченні коливань - конструювати музичні інструменти.

Такі завдання активізують образне мислення, естетичне сприйняття та емоційну включеність, що є важливими складовими творчого потенціалу

Попри очевидні переваги, впровадження STEM-методик у шкільну фізику супроводжується низкою проблем (див. таблицю 2.1).

Таблиця 2.1

Проблеми, з якими стикаються вчителі при інтегруванні STEM-методик та перспективи

№	Проблеми при інтеграції STEM- методик	Перспективи розвитку STEM - методик	Джерела
1	Незадовільна матеріально-технічна база (лабораторії, обладнання, ліцензійне ПО)	Створення STEM-центрів при закладах освіти	Биков, 2020; Савченко, 2019

2	Обмежена підготовка директорів, вчителів щодо використання цифрових технологій	Залучення інформаційних компаній, приватного бізнесу та держави до фінансування STEM-центрів та програм	Kelley & Knowles, 2016; UNESCO, 2019
3	Відсутність системної інтеграції предметів у навчальних планах, переважно у приватних навчальних закладах	Розробка вітчизняних методичних рекомендацій	Kelley & Knowles, 2016; UNESCO, 2019

Отже, STEM-методики навчання фізики є ефективним засобом розвитку творчого потенціалу, креативності та дослідницьких умінь учнів. Вони забезпечують зв'язок між теорією та практикою, стимулюють самостійну діяльність, формують компетентності, необхідні для успішної адаптації в технологічному суспільстві XXI століття, а фізика як предмет, стає не теоретичною наукою, а перетворюється із традиційного предмета на інтерактивну лабораторію творчості, де знання стають інструментом відкриття нового з неймовірною ефективністю. З найбільш ефективних методик у фізиці є інтегровані, такі як проектно-дослідницька діяльність, інженерний дизайн та робототехніка, які моделюють реальні проблеми, що потребують комплексного застосування знань. Розвивають критичне та творче мислення через ітераційний процес пошуку та вдосконалення рішень та формують дослідницькі навички шляхом роботи з сучасним обладнанням та аналізу реальних даних. Саме поєднання цих методик із змістовним наповненням курсу фізики створює оптимальні умови для розкриття творчого потенціалу кожного учня.

2.2. Розробка та впровадження авторських рекомендацій методикам навчання фізики з акцентом на розвиток творчого потенціалу учнів

На основі теоретичного аналізу та вивчення сучасних педагогічних підходів було розроблено власні методичні рекомендації щодо впровадження STEM-технологій у навчальний процес з фізики для розвитку творчого потенціалу учнів. Метою даних рекомендацій є створення дидактичної, або взаємопов'язаної системи, спрямованої на формування в учнів здатності до нестандартного мислення, генерації інноваційних ідей та ефективного вирішення практично-орієнтованих завдань.

Власні методики навчання ґрунтуються на принципах інтегрованості, контекстності, дослідницької діяльності та рефлексії. Інтегрованість передбачає, що всі навчальні завдання вибудовуються на поєднанні знань з фізики, математики, технологій та інженерії; контекстність вимагає постановки проблем, що відображають реальні життєві ситуації і тим самим підвищують мотивацію; дослідницький принцип акцентує опору на власний експериментальний досвід учнів; принцип рефлексії зобов'язує впроваджувати систематичне осмислення дій, успіхів і помилок. Запропонована методика реалізується у чотири послідовні етапи. На підготовчому етапі формується творче середовище через створення проєктних лабораторій, оснащених сучасним обладнанням (цифрові датчики, мікроконтролери, 3D-принтери), розробляється система відкритих завдань різної складності та готуються дидактичні матеріали з докладними інструкціями. Далі визначаються основні методичні прийоми: застосовуються як окремо, так і в комбінації інженерно-конструкторський і проєктно-дослідницький підходи, з можливим використанням або без використання 3D-друку та інших технологій.

На етапі реалізації організовується виконання проєктів і вводиться прозора система оцінювання за такими критеріями: оригінальність технічного рішення - 30 %, обґрунтованість використання фізичних законів - 25 %, якість виконання проєкту - 20 %, ефективність командної роботи - 15 %,

якість презентації результатів - 10 %. Завершальний, рефлексивний етап передбачає групові обговорення здобутих результатів, ведення учнями «Щоденника дослідника» та аналіз помилок із визначенням шляхів їх усунення.

Прикладом практичної реалізації є тема «Закони збереження в механіці» з проєктом «Розробка енергоефективного транспорту». Учні досліджують принципи перетворення енергії, пропонують кілька варіантів конструкції, виготовляють прототипи з використанням LEGO Technic або інших конструкторів, проводять випробування моделей на енергоефективність, аналізують результати та ітераційно вдосконалюють рішення. Ефективність методики засвідчують емпіричні дані: підвищення інтересу до фізики на 40 % за результатами анкетування, зростання кількості творчих робіт, представлених на шкільних конференціях, а також покращення якості знань з технічних дисциплін. Така послідовність і цілісність підходу забезпечують не лише засвоєння предметного змісту, а й розвиток творчого потенціалу, дослідницьких умінь і навичок командної взаємодії (див. таблицю 2.2).

Таблиця 2.2

**Розробка та впровадження рекомендацій для вивчення окремих тем
для 7-11 класів з використанням STEM-технологій**

7 клас

<i>Тема</i>	<i>STEM-проєкт</i>	<i>Очікувані результати</i>
Фізичні величини та вимірювання	Проєкт «Створи власний метр»: виготовлення вимірювального приладу та перевірка точності вимірювань	Розвиток дослідницьких навичок, розуміння системи вимірювань
Тиск твердих тіл, рідин і газів	STEM-дослід «Повітряна подушка»: виготовлення простої моделі та аналіз сил тиску	Формування вміння застосовувати знання для пояснення явищ

8 клас

<i>Тема</i>	<i>STEM-проект</i>	<i>Очікувані результати</i>
Теплові явища	Проект «Призма у моєму телефоні»: побудова спектроскопа з підручних матеріалів Проект «Тепловий будинок»: Конструювання моделі будинку з різними типами утеплювачів (папір, тканина, пінопласт) та дослідження ефективності кожного матеріалу за допомогою термометра або датчиків температури.	Розвиток інженерних навичок; застосування знань про теплопровідність та конвекцію на практиці; формування міжпредметних зв'язків з технологіями та математикою (розрахунок ефективності).
Електричні явища	STEM-лабораторія «Розумний світильник»: Проектування та складання електричного кола з послідовним і паралельним з'єднанням лампочок та вимірюванням напруги і сили струму в різних ділянках кола.	Формування практичних навичок роботи з електричним обладнанням (мультиметр, джерела струму); розвиток критичного мислення при аналізі роботи складних електричних схем; поглиблення розуміння Закону Ома.

9 клас

<i>Тема</i>	<i>STEM-проект</i>	<i>Очікувані результати</i>
-------------	--------------------	-----------------------------

Електричний струм	Проект «Розумний дім»: складання простої моделі електричного кола з автоматичним вмиканням світла	Розвиток інженерного мислення, логіки, основ програмування
Магнітні явища	STEM-завдання «Магнітний поїзд»: створення моделі магнітної левітації», дослідження сили Лоренца	Креативне мислення, експериментальні навички

10 клас

<i>Тема</i>	<i>STEM-проект</i>	<i>Очікувані результати</i>
Механіка	Проект «Мости майбутнього»: побудова макета моста та аналіз стійкості конструкції», застосування законів Ньютона	Розвиток навичок моделювання, командної роботи
Молекулярна фізика і термодинаміка	Дослід «Теплові машини»: створення простої моделі парової турбіни	Поглиблення розуміння енергетичних процесів

11 клас

<i>Тема</i>	<i>STEM-проект</i>	<i>Очікувані результати</i>
Електромагнітні коливання та хвилі	STEM-проект «Бездротова передача енергії»: складання простої системи передачі енергії на відстань	Формування компетентностей дослідника, інженера
Квантові явища	Дослідницький проект «Фотоелемент у побуті»:	Розвиток креативності, застосування фізики у

	створення макету автоматичного освітлення	реальних технологіях
--	--	----------------------

Методики навчання фізики у 7-11 класів передбачає інтеграцію фізичних знань із технологічними, математичними та інженерними аспектами. Учні беруть участь у практичних дослідках, командних проєктах і створюють власні моделі, що сприяє розвитку їхнього творчого потенціалу, критичного мислення та дослідницької культури.

Окрім цього, наводимо приклади методик, які систематично використовувалися під час навчання дітей фізиці та математиці:

1. Створення мультидисциплінарних STEM-проєктів з акцентом на творчість. Для прикладу розглянемо проєкт: «Фізика в мистецтві» - учні створюють художні інсталяції, що ілюструють закони оптики або механіки (наприклад, кінетичні скульптури, які демонструють принципи рівноваги) (рис. 2.2).

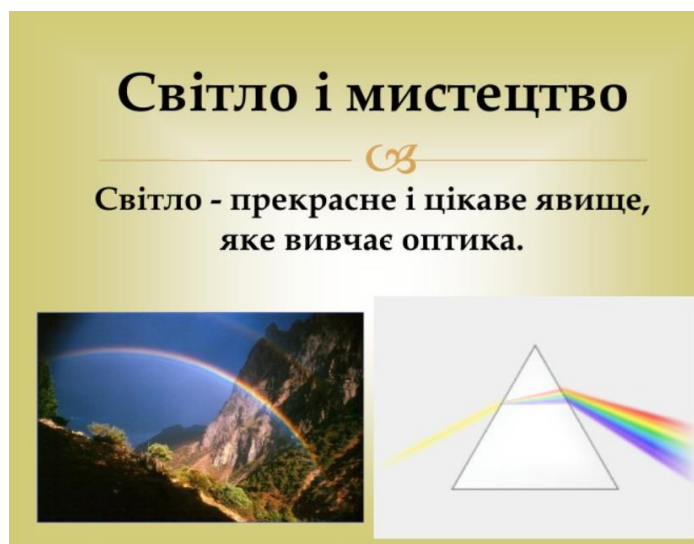


Рис. 2.2. Слайд презентації проєкту «Фізика в мистецтві»

Мультидисциплінарні проєкти стимулюють учнів до системного мислення, розвивають здатність бачити зв'язки між явищами та генерувати інноваційні ідеї. Дослідження показують, що такі проєкти підвищують мотивацію та креативність учнів на 30–40% [1, с. 112].

2. Використання «відкритих» завдань для стимулювання творчого мислення. Замість традиційної задачі з однозначною відповіддю пропонувати учням «відкриті» завдання, які мають кілька варіантів розв'язання або передбачають творчий підхід. Такі завдання спрямовані на розвиток дивергентного мислення - здатності генерувати багато ідей та знаходити

нестандартні рішення.

До прикладу: «Придумати власний експеримент для демонстрації потенціальної енергії розтягнутої або стиснутої пружини» - учні самостійно вибирають обладнання, планують хід експерименту та аналізують результати.

Наприклад один з таких експериментів:

Обладнання: спіральна пружина; набір важків з двома кріпками; штатив; візок з прикріпленою до нього пружиною; гиря; ящик-підставка.

На штативі закріплюють пружину, до якої підвішують 2 важки. Беруть нижній важок рукою і розтягують пружину, як це показано на рисунку 2.3.

Пояснюють, що деформована пружина має потенціальну енергію. Це підтверджують, відпускаючи важок. Пружина скорочується і піднімає важки вгору, виконуючи роботу за рахунок своєї потенціальної енергії. Потенціальну енергію стиснутої пружини демонструють так. На ящик-підставку ставлять гирю і наближають до неї візок з пружиною, стискаючи при цьому пружину, яка повинна впирається у гирю, як це показано на рисунку 2.4. Швидко відпускають візок і спостерігають його переміщення. Візок можна прив'язати до гирі ниткою, стиснувши пружину. Перепаливши нитку, спостерігають рух візка.

Відкриті завдання розвивають креативність, ініціативність та вміння аргументувати власні рішення.

Дослідження свідчать, що учні, які регулярно виконують такі завдання, демонструють вищий рівень інноваційного мислення [2, с. 67].

Застосовуємо цифрові симулятори (PhET, Algodoo), програмування

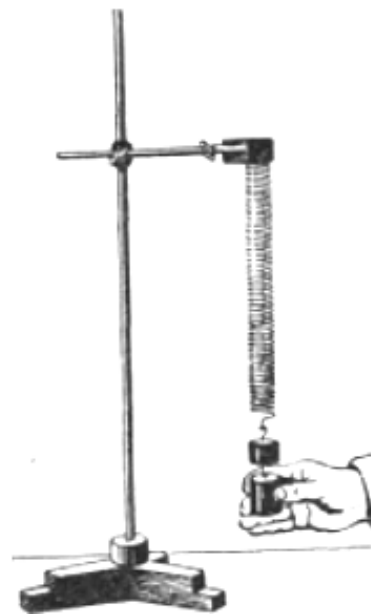


Рис. 2.3. Експеримент «Коливання тіла на пружині»

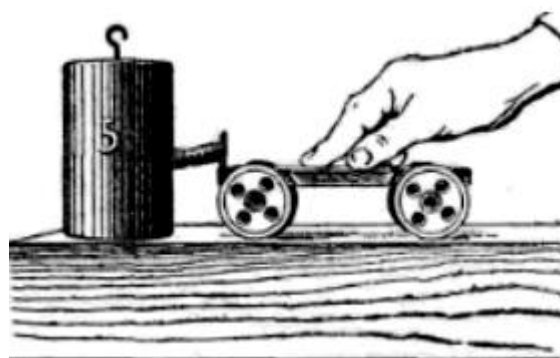


Рис. 2.4. Дослід для демонстрації потенціальної енергії пружини

(Scratch, Python). Наприклад: «Моделювання руху тіл під дією сили тяжіння» - учні створюють комп'ютерні моделі в середовищі Scratch або використовують симулятори для дослідження впливу маси та опору повітря на траєкторію польоту. Цифрові інструменти підвищують зацікавленість учнів та допомагають краще зрозуміти складні фізичні явища. Дослідження показують, що візуалізація сприяє збереженню знань на 25–30% ефективніше, ніж традиційні методи [3, с. 56].

Тепер розглянемо конкретний приклад розробки уроку, який ефективно інтегрує STEM-технології у освітній процес, зокрема використання цифрових симуляторів та програмування для глибшого вивчення фізичних явищ. Застосування таких інструментів дає можливість учням не тільки візуалізувати складні фізичні процеси, але й активно взаємодіяти з ними через моделювання та експериментування.

Тема: Повне відбивання світла: Природа явища та його застосування.

Клас: 11 клас.

Мета уроку: узагальнення знань учнів про закони заломлення та відбивання світла, а також в поглибленні розуміння процесу переходу світла з оптично більш густого середовища в оптично менш густе. Учні ознайомляться з явищем повного відбивання світла, його умовами виникнення та застосуванням в сучасних технологіях, таких як оптичні волокна та лазери. Основною метою є формування в учнів умінь аналізувати фізичні явища, здійснювати експериментальні дослідження та використовувати досягнення фізики для вивчення навколишнього світу.

Навчальна: узагальненні знань учнів про закони заломлення та відбивання світла, поглибленні їхнього розуміння процесу переходу світла з оптично більш густого середовища в оптично менш густе середовище. Учні ознайомляться з явищем повного відбивання світла, його умовами виникнення та застосуванням у сучасних технологіях, таких як оптичні волокна та лазери. Важливим аспектом уроку є формування вміння учнів аналізувати фізичні явища, здійснювати експериментальні дослідження та

використовувати досягнення фізики для вивчення навколишнього середовища та Всесвіту

Розвиваюча: здатність учнів розпізнавати та пояснювати фізичні явища, покращувати навички логічного мислення, аналізу та узагальнення інформації. Важливим є розвиток творчих здібностей учнів через використання STEM-технологій у процесі вивчення явищ світла. Це сприятиме формуванню навичок самостійної та групової роботи, оцінки результатів виконаних дій, порівняння та аналізу фізичних процесів, а також застосування знань у різних контекстах.

Виховна: посилити бажання учнів пізнавати довкілля та застосовувати отримані знання в реальному житті. Важливо формувати соціальні, інформаційні та комунікаційні компетенції через роботу в групах, підготовку презентацій, пошук та аналіз інформації з різних джерел. Також урок стимулюватиме учнів до саморозвитку, підтримуватиме інтерес до навчання та сприятиме розвитку вміння працювати з науковою інформацією.

Реалізуються наскрізні лінії: у навчальному процесі передбачає дотримання правил безпеки під час виконання експериментів та роботи з цифровими технологіями, а також використання лазерних приладів. Урок сприятиме розвитку громадянської відповідальності через спільну роботу в команді, обговорення важливих тем щодо використання фізичних явищ у практиці та формування відповідальності за прийняті рішення. Вплив явищ фізики, таких як повне відбивання світла, на розвиток нових технологій і підприємництва дасть можливість учням прогнозувати їх роль у майбутніх інноваційних стартапах та професійній діяльності.

Компетентності ключові: важливим є розвиток спілкування державною мовою через обговорення фізичних явищ та їх застосування в сучасних технологіях. Інформаційно-цифрова компетентність передбачає здатність учнів працювати з цифровими інструментами для дослідження фізичних явищ.

Тип уроку: узагальнення і систематизація знань і умінь.

Міжпредметні зв'язки: біологія, інформатика, зарубіжна література, здоров'я і безпека, математика, інженерія.

Форма проведення: STEM-урок.

Методи дослідження: Вивчення наукової літератури; вивчення інформації в Інтернеті; проведення дослідів; віртуальне експериментальне дослідження.

Урок буде проводитися в межах STEM-підходу, що сприяє розвитку творчих і дослідницьких умінь учнів, а також сприяє інтеграції знань з різних предметних областей. Зокрема, учні будуть застосовувати знання з фізики для пояснення фізичних явищ, пов'язаних із заломленням та відбиванням світла, а також взаємодіяти з технологічними інструментами для дослідження фізичних процесів.

Інтерактивні застосунки: інтерактивна симуляція, віртуальна дошка Padlet, застосунок для створення інтерактивів, застосунок для створення тестів. [63, 63, 63].

Прогнозовані результати:

Теоретичні: Учень/учениця розуміє фізичні поняття та явища, пов'язані з повним відбиванням світла, такими як «граничний кут заломлення», «волоконна оптика», «заломлення світла» та інші. Знає значення та застосування явища повного відбивання в сучасних технологіях.

Практичні: Учасник/учасниця попрактикується в проведенні як віртуальних, так і очних експериментів, навчиться описувати фізичні явища, використовуючи наукові терміни.

Пізнавальні: Дізнається про застосування повного відбивання в різних сферах, таких як медицина, біологія та техніка, і зрозуміє його важливість для розвитку сучасних технологій.

I. Організація та мотивація навчальної діяльності учнів

Прийом «Відстрочена загадка»

Методичний коментар: На початку уроку вчитель ставить загадку або цікавий факт, відповідь на який учні знайдуть під час роботи над новим

матеріалом.

Загадка: «Як ви гадаєте, як можна направити світло через довгі відстані, не даючи йому розсіюватися? І чому це важливо для таких технологій, як оптичні волокна?»

Запитання для обговорення: Що ви знаєте про явище повного відбивання світла?

Прийом «Лего»

Методичний коментар: На столі вчитель розміщує три картки з написами: «Взагалі нічого не знаю», «Дещо знаю», «Знаю достатньо». У кожного учня є кубик LEGO, який вони розташовують у стовпчик, що відповідає їхньому рівню знань про явище повного відбивання на початку уроку.

Завдання для учнів: Наприкінці уроку ваші кубики перемістяться в інший стовпчик, і ви зможете чітко пояснити, як і чому виникає це явище. Для цього нам потрібно повторити деякі основні поняття і застосувати ці знання для дослідження явища повного відбивання світла.

II. Актуалізація опорних знань

Прийом «Інтерактивне тестування»

Методичний коментар: Учні виконують інтерактивні тестові завдання, переходячи за посиланням на своїх гаджетах або працюють у парах, якщо гаджети відсутні. Вчитель демонструє результати тестування у вигляді діаграми та обговорює правильні відповіді. Це дає можливість актуалізувати знання, необхідні для глибшого вивчення явища повного відбивання світла через використання STEM-технологій.

III. Постановка проблемного питання

Прийом «Випереджаюче завдання»

Прийом «Робота у групах»

Методичний коментар: Під час роботи над STEM-уроком, після вивчення теми «Заломлення та відбивання світла», учні були поділені на групи за власними вподобаннями. Кожній групі було надано домашнє завдання, яке

готувалося до уроку за допомогою різних засобів комунікації (від особистих зустрічей до онлайн-ресурсів). Завдання кожної групи полягало в тому, щоб знайти інформацію про своє питання, критично її оцінити та підготувати до уроку.

Попередні завдання для груп:

Група «Безпека»

1. Провести дослід з монеткою, щоб продемонструвати умови повного відбивання світла в різних середовищах.
2. Розв'язати задачу на визначення граничного кута заломлення для двох середовищ (скло і повітря).
3. Результат дослід та задачі представити у вигляді карти безпеки, зокрема, щодо використання лазерних приладів в освітленні та оптичних технологіях.

Група «Біологи»

1. Знайти інформацію про використання оптичних методів для дослідження біологічних об'єктів на основі явища повного відбивання, наприклад, у медицині для мікроскопії чи ендоскопії.
2. Візуалізувати інформацію через малюнки або схеми, що ілюструють, як оптичні волокна використовуються для дослідження біологічних тканин.
3. Результат подати у вигляді колажу, що демонструє різні застосування оптичних технологій у біології та медицині.

Група «Літератори»

1. Проаналізувати фрагмент роману Герберта Уельса «Людина-невидимка» з точки зору наукової достовірності описаних явищ, зокрема, явища повного відбивання світла, що дає змогу зробити людину невидимою.
2. Довести математично, за допомогою законів геометричної оптики, можливість таких явищ у реальному житті.
3. Результат подати у вигляді короткого повідомлення, що містить аналіз наукової достовірності та математичне обґрунтування.

Група «ІТ-фахівці»

1. Дослідити, як змінюється поведінка світлового променя при переході з оптично більш густого середовища (наприклад, скло) в оптично менш густе (наприклад, повітря).

2. Провести дослідження за допомогою інтерактивної симуляції на платформі PhET для вивчення критичного кута та повного відбивання світла.

3. Результати дослідження подати у вигляді таблиці, де буде зібрана інформація про вплив різних матеріалів на відбивання світла.

Група «Техніки»

1. Вивчити поняття «волоконна оптика», її принципи роботи та застосування в сучасних технологіях.

2. Підготувати інформацію для виготовлення лепбука, що включатиме короткий опис технології волоконної оптики та її основні характеристики.

3. Результати подати у вигляді лепбука, в якому учні зобразять принципи роботи волоконної оптики, її застосування в техніці та науці.

IV. Формування навичок дослідницької та експериментальної роботи, умінь узагальнювати і робити висновки

Американський винахідник Генрі Форд сказав:

«Зібратися разом - це початок,

Триматися разом - це прогрес,

Працювати разом - це успіх!»

Прийом «Робота у групах»

Методичний коментар: Перед початком роботи діти отримують аркуші з набором літер, в яких зашифроване слово. Учні розгадують це слово і на основі його змісту формулюють правило роботи в групах. Правила роботи записуються на дошці.

Зашифровані слова:

· *Толерантність* (ОРЬНТАНІСЛЕТ)

· *Успіх* (ХІСУП)

· *Взаємоповага* (ВАГАЄМОЗАПО)

· *Радість* (РДСАІТЬ)

· *Увага (ВАУАГ)*

Учні мають певний час на обговорення і оформлення результатів. Потім учні презентують свої роботи в наступному порядку: група «ІТ-фахівці», група «Безпека», група «Біологи», група «Літератори», група «Техніки». Цей процес дає можливість розвивати критичне та творчі здібності учнів, забезпечуючи креативну співпрацю та поглиблене розуміння явища повного відбивання світла через використання STEM-технологій.

V. Підсумок уроку. Рефлексія.

Прийом «Узагальни!»

Методичний коментар: Учитель пропонує на окремих аркушах кожному учню написати п'ять слів, які характеризують явище повного відбивання світла. Потім учні вибирають три слова, які найчастіше повторюються у їхніх відповідях, і на основі цих слів кожна група формулює визначення повного відбивання світла. Це дає можливість учням структурувати свої знання, порівнюючи та об'єднуючи ідеї, а також сприяє розвитку умінь формулювати наукові концепції.

Прийом «Асоціація!»

Методичний коментар: Учні по черзі називають слово або словосполучення, яке асоціюється у них з явищем повного відбивання світла. Цей прийом стимулює творчий підхід до аналізу та осмислення фізичних явищ, активізує асоціативне мислення, а також дає можливість кожному учневі по-своєму розглядати фізичне явище.

Після презентації кожної групи учні повинні будуть відповісти на проблемні питання, поставлені на початку уроку:

Чому для спостерігача, який перебуває під водою, поверхня здається блискучою?

Чи поповнили ви свій багаж знань про повне відбивання світла?

Це дозволить зрозуміти, як зросло розуміння теми, і яким чином учні змогли інтегрувати нові знання в практичні та теоретичні контексти.

Наприкінці уроку діти знову будують вежу з LEGO-кубиків,

розташовуючи їх на три картки з написами: «Взагалі нічого не знаю», «Дещо знаю», «Знаю достатньо». Порівнюючи з початковим етапом уроку, учні можуть побачити, як змінився їхній рівень розуміння теми, і як вежа з написом «Знаю достатньо» помітно зросла, що є наочним результатом розвитку їхнього творчого потенціалу завдяки використанню STEM-технологій.

У цьому уроці чіткий наголос на розвитку творчого потенціалу учнів з використанням STEM-технологій відображається на кількох ключових етапах, які сприяють як інтелектуальному, так і творчому розвитку учнів. Під час роботи в групах учні взаємодіють, діляться ідеями, що дає їм змогу розв'язувати проблеми спільно. Різні ролі в групах, зокрема «ІТ-фахівці», «Безпека», «Біологи», «Літератори», «Техніки», сприяють розвитку різних навичок - від технічних до творчих. Кожна група має конкретне завдання, яке потребує використання ресурсів та технологій для вивчення явища повного відбивання світла через різні наукові та практичні перспективи. Це дає можливість учням активно використовувати STEM-технології для аналізу фізичних явищ, таких як світлові промені, і їх застосування в реальному світі (наприклад, оптичні волокна, медичні технології). Таке навчання сприяє розвитку критичного мислення, а також дає можливість учням побачити практичне застосування своїх досліджень.

Дослідження через інтерактивні симуляції (наприклад, PhET) дає можливість учням не тільки спостерігати за явищем, а й взаємодіяти з ним у реальному часі. Цей підхід стимулює творчий підхід до розв'язання проблеми, оскільки учні можуть варіювати різні параметри, побачити їх вплив і зробити висновки. Це розвиває вміння учнів мислити критично і креативно, а також допомагає їм створювати нові ідеї на основі теоретичних знань.

Використання міжпредметних зв'язків - це ще один важливий аспект уроку. Учні інтегрують знання з фізики, математики, інформатики та навіть літератури, щоб вирішувати реальні завдання. Наприклад, аналізуючи

фрагмент роману «Людина-невидимка», учні не тільки вивчають фізичні принципи, а й проводять їх математичне обґрунтування за допомогою геометричної оптики. Це поєднання наукових і творчих підходів сприяє розвитку творчого потенціалу учнів, адже вони бачать, як наукові теорії можуть бути використані в мистецтві та літературі, і як літературні уявлення можуть бути підкріплені реальними фізичними законами.

Важливим етапом є *рефлексія та самоперевірка*. Прийом «Асоціація!» допомагає учням асоціювати явище повного відбивання з іншими науковими та побутовими поняттями, стимулюючи їхню уяву та здатність переносити знання на нові ситуації. Це активізує асоціативне мислення і дає можливість кожному учневі по-своєму розглядати фізичне явище. Таким чином, учні не тільки закріплюють теоретичні знання, а й розвивають свої творчі здібності.

Протягом уроку учні активно працюють з цифровими інструментами для візуалізації і моделювання фізичних процесів, що дає можливість їм на практиці застосовувати набуті знання. Використання таких інструментів, як PhET, Algodoo, Arduino, допомагає учням не лише поглибити свої знання, але й створювати власні моделі, що стимулює творчий підхід до навчання. Цей процес розвитку технологічних і креативних навичок дає можливість учням не лише «зрозуміти», але й «створювати» нові дослідження, що є основою для розвитку їхнього творчого потенціалу.

Таким чином, урок активно підтримує розвиток творчого потенціалу учнів через інтеграцію STEM-технологій. Учні не тільки здобувають знання про фізичні явища, але й активно працюють з технологіями, аналізують та створюють нові ідеї, що дає можливість їм розвивати критичне мислення, творчі здібності та навички самостійного вирішення проблем.

Спілкування з експертами допомагає учням зрозуміти практичне застосування фізики та отримати зворотний зв'язок від професіоналів. Приклад: лекція інженера з робототехніки про використання фізичних законів у розробці промислових роботів, після якої учні отримують завдання створити власний прототип робота. Співпраця з експертами підвищує

мотивацію учнів та допомагає їм краще зрозуміти перспективи застосування знань у майбутній професії. Дослідження свідчать, що такі взаємодії сприяють формуванню професійних компетентностей уже на шкільному етапі [4, с. 92].

Запропонована методика дає можливість системно підходити до розвитку творчого потенціалу учнів, поєднуючи теоретичні знання з фізики з практичними навичками проєктування та дослідження. Відтак, методика є ефективним засобом формування компетентного, креативного та дослідницьки орієнтованого учня, що відразу може реалізувати отримані знання.

2.3. Рекомендації щодо впровадження STEM-технологій у навчання фізики із урахуванням міжнародного досвіду

Аналіз міжнародного досвіду свідчить, що успішне впровадження STEM-освіти потребує системного підходу, що охоплює організаційні, методичні та кадрові аспекти.

Ось до прикладу досвід передових країн ЄС та Американського континенту. У США ключову роль у розвитку STEM-освіти відіграють програми, побудовані на стандартах Next Generation Science Standards (NGSS), які передбачають активне залучення учнів до дослідницької діяльності. Використовуються платформи PhET Interactive Simulations, TeachEngineering, Science Buddies, що допомагають викладати фізику через експерименти, моделювання й проєктну роботу.

У Фінляндії STEM-освіта є частиною загальної концепції Phenomenon-Based Learning, де фізика інтегрується з математикою, технологіями, екологією. Уроки будуються навколо реальних явищ, наприклад, «енергетика міста» чи «екологічні технології транспорту». Сінгапур зосереджується на практичній діяльності, а Канада та Польща активно використовують грантові програми для оснащення шкіл STEM-лабораторіями.

На основі вивчення практик таких лідерів STEM-освіти, як Фінляндія,

Сінгапур, Південна Корея та США, можна сформулювати низку практичних рекомендацій для української системи освіти.

Розробка та впровадження інтегрованих навчальних програм є ключовим етапом модернізації освіти, зокрема у фізиці, через інтеграцію STEM-технологій. Одним із напрямків є модернізація навчальних планів з фізики шляхом включення обов'язкових STEM-модулів, що поєднують фізику з інформатикою, технологіями та інженерією. Такий підхід ґрунтується на досвіді фінських проєктів «phenomenon-based learning», що сприяє глибшому засвоєнню матеріалу через практичні та міждисциплінарні завдання. Окрім цього, важливо розробити національні стандарти STEM-освіти, адаптовані до предмета фізики, враховуючи кращі практики, як-от NGSS та досвід європейських країн.

Іншим кроком є створення «трансдисциплінарних тижнів», під час яких навчання будується навколо вирішення однієї комплексної проблеми, наприклад, «Енергія майбутнього». Такий підхід дає можливість синтезувати знання з різних предметів, сприяючи розвитку у учнів креативного та критичного мислення. Важливо також включати елементи STEM-освіти у програми підготовки майбутніх учителів фізики у педагогічних університетах, що забезпечить високий рівень кваліфікації викладачів.

Для ефективного впровадження STEM в освіту слід розширити співпрацю між школами, університетами та підприємствами для створення спільних STEM-проєктів. Це дозволить створити інноваційні освітні платформи та проєкти, які відповідають сучасним вимогам. Крім того, необхідно розробити банк STEM-проєктів з фізики, узгоджених із Державним стандартом та навчальними програмами Міністерства освіти і науки України. Подібний досвід успішно реалізовано у Сінгапурі та Нідерландах, де уряд фінансує розробку готових STEM-пакетів для вчителів, включаючи сценарії уроків, інструкції до експериментів і цифрові ресурси. Організація шкільних STEM-хабів або лабораторій, оснащених 3D-принтерами, наборами з робототехніки (Arduino, LEGO Mindstorms), цифровими датчиками та іншим

обладнанням, аналогічно південнокорейським «Lifelong Learning Centers» [2, с. 28]. У США та Південній Кореї школи мають спеціалізовані STEM-класи з 3D-принтерами, роботами, датчиками. Проте міжнародний досвід також показує, що ефективність не завжди залежить від дорогого обладнання. Наприклад, у Фінляндії часто використовують побутові матеріали (пляшки, картон, моторчики від іграшок) для створення функціональних моделей [5].

Тому для українських шкіл доцільно: створювати міні-STEM-лабораторії на основі доступного обладнання (Arduino, Raspberry Pi, датчики Vernier або навіть смартфони); активно використовувати безкоштовні цифрові інструменти: PhET, Tracker, GeoGebra, Tinkercad; заохочувати «роботу з обмеженнями» - це стимулює креативність та інженерне мислення [6].

Було б добре забезпечити вільний доступ учнів до лабораторій під час позаурочної діяльності для реалізації власних проєктів. Варто також використовувати міжнародні платформи PhET, Science Buddies, TeachEngineering у навчальному процесі фізики. Важливим також є впровадження в освітню практику циклу інженерного дизайну (Engineering Design Process) як основної структури уроку-проєкту, що включає в себе ряд етапів (див. рис. 2.5).



Рис. 2.5. Етапи реалізації впровадження циклу інженерного дизайну в освітню практику

Ця модель, що активно використовується в США (стандарти NGSS), розвиває системне мислення. В цих умовах відбувається зміна акценту з «вивчення теорії» на «вирішення проблеми» (див. рис. 2.6).

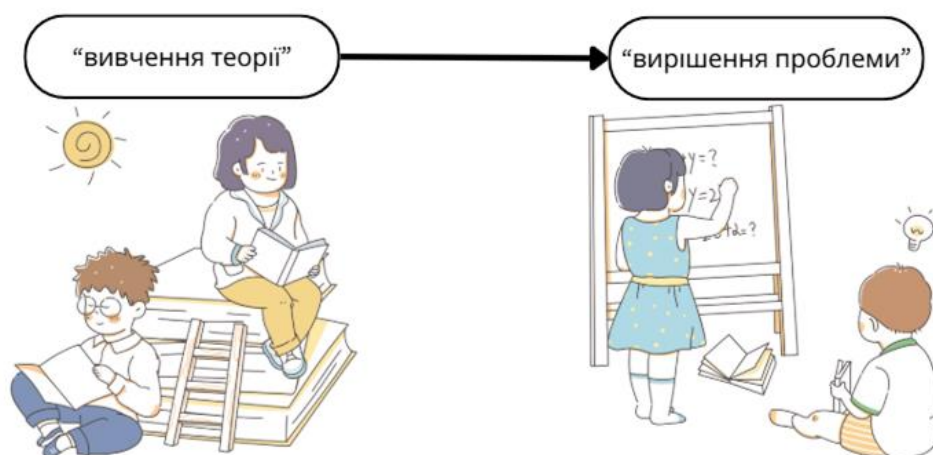


Рис. 2.6. Основа моделі впровадження циклу інженерного дизайну

Наприклад, замість уроку на тему «Закон Ома» проводити заняття «Спроектуй систему підсвічування для моделі будинку».

Реалізація принципу «Навчання через гри» у STEM-освіті передбачає використання елементів змагальності та гейміфікації, що, за досвідом Сінгапуру, є ефективним методом. Це може включати організацію шкільних чемпіонатів з робототехніки, конкурсів на найкращий фізичний експеримент або найоригінальніше технічне рішення. Важливим є також впровадження проєктно-дослідницького навчання, де учні розробляють власні експерименти або інженерні рішення для вирішення реальних проблем, що сприяє розвитку їхнього креативного мислення та практичних навичок.

Інтеграція ІТ-технологій у реальний експеримент є важливим аспектом сучасної освіти. Це включає поєднання фізичного моделювання з комп'ютерним, наприклад, коли учні будують фізичну модель моста, тестують її на міцність, а потім створюють і тестують цифровий двійник у спеціалізованому програмному забезпеченні, такому як Bridge Constructor, для порівняння результатів. Такий підхід дає можливість учням краще розуміти теоретичні знання та застосовувати їх на практиці.

Система підвищення кваліфікації педагогічних працівників є важливим елементом для успішного впровадження STEM-освіти. Міжнародні дослідження, зокрема звіти OECD (2022), вказують, що основним бар'єром

для реалізації STEM є недостатня готовність вчителів до використання міждисциплінарних підходів [63]. У США та Фінляндії активно функціонують програми постдипломної підготовки, що поєднують теоретичні знання з практичними майстер-класами, роботою в лабораторіях та наставництвом. В Україні доцільно інтегрувати STEM-модулі в програми підвищення кваліфікації вчителів фізики через ІППО та ІМЗО, створити мережу STEM-наставників, які допомагатимуть колегам у розробці проєктів, а також організувати міжшкільні STEM-клуби для обміну досвідом [63]. Важливим є також запровадження менторської підтримки, коли досвідчені вчителі супроводжують початківців у впровадженні STEM-методів.

Розвиток міжпредметної співпраці є ще одним важливим аспектом STEM-освіти. Формування міждисциплінарних команд вчителів (фізика, інформатика, математика, трудове навчання) для спільного планування та проведення STEM-проєктів сприяє ефективному використанню міждисциплінарного підходу. Досвід Фінляндії показує високу ефективність такого командного підходу [63, с. 41].

Оцінювання результатів у STEM-освіті має перейти від традиційної оцінки знань до оцінки компетентностей. Для цього доцільно використовувати критеріальні рубрики, які оцінюють не лише знання фізичних законів, а й креативність розв'язку, якість прототипу, ефективність командної роботи та якість презентації проєкту. Важливим також є впровадження альтернативного оцінювання, такого як «захист проєктів», що дає можливість оцінити комунікативні навички та глибину розуміння проблеми.

Міжнародний досвід підкреслює важливість альтернативних форм оцінювання, таких як портфоліо, захист проєктів, само- та взаємооцінювання, що дає можливість врахувати не лише кінцевий результат, а й процес творчого пошуку, ініціативність та командну роботу. В Україні доцільно впроваджувати критеріальне оцінювання STEM-проєктів, оцінюючи оригінальність, функціональність та презентацію; використовувати

рефлексивні журнали для фіксації особистісного зростання учнів і заохочувати найкращі проєкти через внутрішньошкільні та регіональні конкурси [66].

Залучення партнерів, таких як бізнес, університети та громада, є важливим аспектом реалізації STEM-освіти. У багатьох країнах STEM реалізується через модель «школа–університет–бізнес». Наприклад, у Німеччині компанії Siemens і Bosch фінансують шкільні лабораторії та проводять майстер-класи, а в Польщі університети організовують STEM-тижні для школярів. Для України доцільно встановлювати партнерські зв'язки з локальними ІТ-компаніями, технікумами та університетами; залучати студентів фізико-математичних факультетів як волонтерів-наставників; а також організовувати STEM-фестивалі, що стануть майданчиком для презентації учнівських проєктів [65].

Отже, впровадження STEM-технологій у навчання фізики є не миттєвим актом, а стратегічним, багаторівневим процесом. Успіх залежить від синергії чотирьох ключових компонентів: створення сучасної матеріально-технічної бази, розробки якісних інтегрованих навчальних матеріалів, підготовки мотивованих і кваліфікованих педагогічних кадрів та формування навичок XXI століття через проєктну діяльність. Адаптація міжнародного досвіду з урахуванням національного контексту дозволить створити ефективну модель, спрямовану на розвиток творчого потенціалу, критичного мислення та інноваційних здібностей учнівської молоді, що є запорукою конкурентоспроможності країни в умовах глобалізації. Головне - не кількість гаджетів, а зміна педагогічної філософії: від передачі знань до створення умов для творчого самовираження, дослідження та інновацій.

2.4. Експериментальна перевірка ефективності розвитку творчого потенціалу учнів на уроках фізики з використанням STEM-технологій

Успішність експериментальної перевірки доцільності та ефективності впровадження STEM-технологій та проєктної діяльності в старшій школі

залежить від багатьох чинників: від змісту навчального матеріалу, методичного забезпечення, матеріально-технічного оснащення кабінету фізики (навчальним обладнанням, комп'ютерною технікою, програмним забезпеченням), кількості учнів у кожному класі, від професійного рівня вчителя і знання вчителем можливостей учнів, контингенту школярів тощо.

Відомо, що важливим етапом ефективного освітнього процесу є фізичний експеримент та проєктування, що стимулюють активну пізнавальну діяльність і творчий підхід до отримання знань. За традиційних форм освітнього процесу така можливість реалізується в ході виконання необхідного комплексу лабораторних робіт. Однак за відсутності необхідного обладнання та часу обмежується можливість учнів до комплексної проєктної діяльності. Саме тоді виникає необхідність проведення такого виду діяльності як міжпредметні STEM-проєкти.

Під час проведення STEM-проєктів у старшій школі, головним чином увага приділялася вдосконаленню самостійної пізнавальної діяльності учнів і поступовому поглибленню у пізнанні фізичних явищ і процесів, що розширювало теоретичні знання та розвивало інженерно-конструкторські вміння школярів.

У процесі експериментальної перевірки важливим аспектом був відбір учнів експериментальних і контрольних груп, які за висхідними параметрами і характеристиками бажань та схильності до творчості та експериментування були б однаковими і разом з тим достатньо володіли б навичками роботи з комп'ютерною технікою, мали б однакову здатність до навчання і навчальну працездатність тощо. На рис. 2.7 представлено результати попереднього зрізу знань учнів для контрольної та експериментальної груп.

Оцінка результатів експериментального навчання проводилась на основі якісного і кількісного аналізу результатів контрольних робіт і тестових завдань з відповідних розділів, а також систематичного спостереження за процесом навчання, аналізу STEM-продуктів, бесід з учителями й учнями та відгуків учителів.

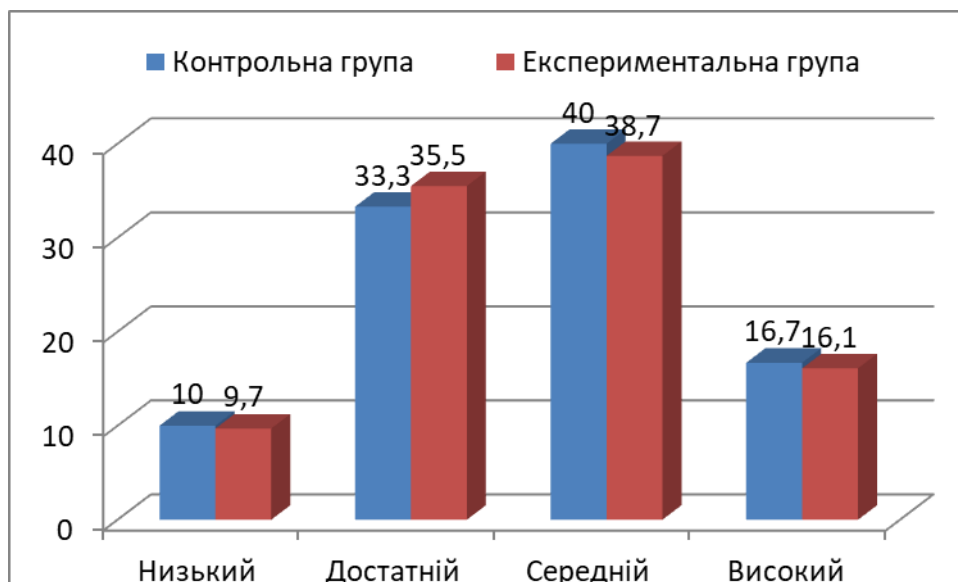


Рис. 2.7. Початковий зріз знань

Дослідно-експериментальна робота проводилась у декілька етапів:

Перший етап передбачав аналіз наукових досліджень і першоджерел з проблеми дослідження, під час якого були визначені компоненти системи навчання фізики в старшій школі, встановлювались критерії та рівні сформованості творчого потенціалу (знань, умінь і навичок) учнів з фізики, формулювалася мета, завдання і методи їх вирішення.

Другий етап передбачав розробку та апробацію методичних особливостей проведення STEM-проектів у старшій школі, формування навчального середовища для вивчення учнями фізики з запровадженням міждисциплінарних завдань та їхнього взаємообумовленого поєднання.

Третій етап був спрямований на підготовку матеріалів для проведення педагогічного експерименту, аналіз та узагальнення одержаних результатів, впровадження результатів експерименту в практику.

У ході експерименту були відібрані дві групи учнів 11 класів: експериментальна – 31 учень та контрольна – 30 учнів, яка працювала за традиційною методикою. Для оцінки якості фізичних знань та рівня розвитку творчого потенціалу, сформованих в учнів старшої школи, були підготовлені відповідні тестові завдання і контрольні роботи та запропонована методика організації й реалізації цілеспрямованої навчальної діяльності учнів у процесі

виконання навчальних дослідів і STEM-проектів в основній школі.

Обробка результатів експерименту здійснювалась з використанням обчислювальної техніки. Для математичної обробки результатів було використано програму MS Excel з вбудованим майстром діаграм, що дало можливість графічно інтерпретувати результати експерименту.

Проведений експеримент та аналіз його результатів, дали можливість визначити динаміку зміни рівня знань та творчих здібностей учнів під час виконання лабораторних робіт з традиційним обладнанням для контрольної групи та на основі використання запропонованих методичних особливостей проведення STEM-проектів – для експериментальної групи (рис. 2.8).

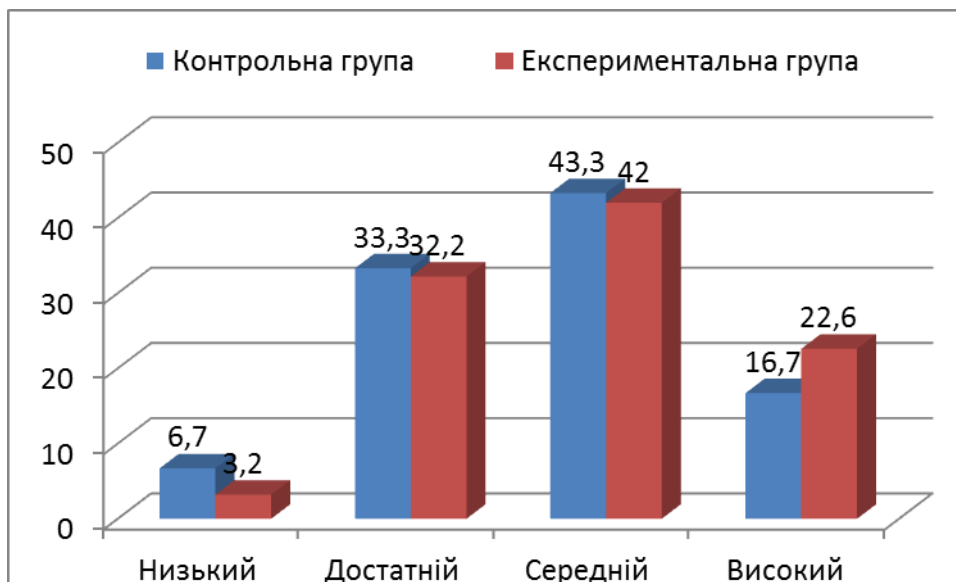


Рис. 2.8. Зріз знань після проведення експерименту

Результати показали позитивну динаміку у підвищенні рівня знань, умінь і навичок та, головне, творчого потенціалу в учнів за рахунок впровадження у освітній процес STEM-технологій. Це свідчить про ефективність запропонованих методичних особливостей організації STEM-проектної діяльності на уроках фізики.

ВИСНОВКИ

Згідно з поставленою метою та завданнями, у межах дослідження було проаналізовано літературу та практичні аспекти STEM-освіти та встановлено наступні результати:

1. У процесі аналізу психолого-педагогічної та методичної літератури з проблеми розвитку творчого потенціалу учнів у навчанні фізики було з'ясовано, що STEM-освіта як міждисциплінарний підхід сприяє розвитку критичного мислення та творчих здібностей школярів. Інтеграція STEM-проектів у навчальний процес з фізики дозволяє учням поглиблено осмислювати фізичні явища, стимулює їхній інтерес до науки та сприяє розвитку практичних навичок. Водночас було визначено, що основними критеріями розвитку творчих здібностей учнів є здатність до нестандартного мислення, вміння застосовувати знання в реальних ситуаціях і ефективно працювати в команді.

2. Теоретичне обґрунтування педагогічних підходів до ефективного використання STEM-технологій у навчанні фізики виявило, що міждисциплінарні зв'язки є ключовими для розвитку творчого потенціалу учнів. Використання STEM-проектів дозволяє учням не лише засвоювати фізичні закони та принципи, а й усвідомлювати зв'язки між різними науковими дисциплінами, що допомагає розвивати їхнє критичне мислення. Такий підхід також сприяє формуванню цілісного уявлення про сучасні науково-технічні процеси, що є важливим елементом у розвитку творчих здібностей учнів.

3. В експериментальній частині дослідження було розроблено та впроваджено кілька STEM-проектів у шкільний курс фізики, які продемонстрували свою ефективність у підвищенні інтересу учнів до навчання та розвитку їхніх навичок критичного мислення і практичного застосування знань. Проведений експеримент показав, що участь учнів у таких проєктах позитивно впливає на їхні навчальні результати, зокрема на здатність вирішувати теоретичні та практичні завдання. Це підтверджує

ефективність інтегрованого підходу до навчання фізики, спрямованого на розвиток творчого потенціалу учнів.

У процесі написання магістерської роботи досліджено проблему впровадження STEM-освіти в навчальний процес фізики, зокрема, інтеграцію міждисциплінарних зв'язків для розвитку критичного мислення та творчих здібностей учнів. Аналіз літератури показав, що формування міждисциплінарних зв'язків є важливим елементом для активізації навчання, стимулювання пізнавальної активності учнів, а також для розвитку їхніх практичних і комунікативних навичок. У межах роботи було проведено дослідження сучасних тенденцій у STEM-освіті та визначено важливість її інтеграції в шкільний курс фізики для підвищення ефективності навчання. Одним із основних завдань було вивчення міждисциплінарного підходу, що дає можливість зв'язувати фізику з іншими науками, зокрема математикою та технологіями, через розробку і впровадження STEM-проєктів. Дослідження показало, що використання міжпредметних зв'язків дає можливість учням краще розуміти не тільки теоретичні аспекти фізики, але й практичні застосування отриманих знань у реальному житті. У процесі експериментального дослідження виявлено позитивний вплив інтегрованих проєктів на навчальні результати учнів, що підтверджує їхню значущість для розвитку критичного мислення, технічних навичок та загальної мотивації до навчання. Пропоновані методичні підходи до використання міждисциплінарних зв'язків можуть бути адаптовані для інших предметів, сприяючи всебічному розвитку учнів та розвитку наукового світогляду. З огляду на отримані результати, подальші дослідження можуть бути спрямовані на більш глибоке вивчення впливу STEM-освіти на різні категорії учнів, а також на розробку нових методичних рекомендацій щодо інтеграції STEM-підходів у навчальний процес різних профілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Биков В.Ю., Спірін О.М., Литвинова С.Г. STEM-освіта в Україні: сучасний стан і перспективи розвитку. Київ: ІТЗН НАПН України, 2020. 120 с.
2. Богачук В., Дегтяр В., Яцишен С., Моклюк М.О. Розвиток пізнавальних і творчих здібностей учнів під час вивчення розділу «Електродинаміка» на базі саморобного фізичного обладнання. Фізика. Нові технології навчання. Збірник наукових праць студентів і молодих науковців. Випуск 9. Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка, 2011. С.184-189.
3. Василенко О. В. Підготовка вчителів до реалізації STEM-підходу в умовах української школи. *Педагогічний процес: теорія та практика*. 2023. № 2. С. 39–46.
4. Васильєва Д. В. STEM-освіта: теорія і практика впровадження в Україні. Київ: Видавничий дім «Освіта», 2018. 240 с.
5. Віртуальна дошка Padlet. URL: <https://padlet.com/allaaleksandrovnna/padlet-j918gxc1j5oef8on> (дата звернення: 16.10.2025).
6. Дем'яненко Н. О. STEM-освіта як засіб розвитку креативного мислення учнів. *Педагогічна теорія і практика*. 2021.
7. Державний стандарт базової середньої освіти (МОН, 2020).
8. Засекіна Т. М. Альтернативні форми оцінювання в STEM-освіті. *Освіта України*. 2023. № 14. С. 41–47.
9. Засенко В. В. Інтеграція знань – шлях до цілісного світогляду учнів. *Фізика та астрономія в школі*. 2018. № 4. С. 2–5.
10. Застосунок для створення тестів URL: <https://onlinetestpad.com/> (дата звернення: 16.10.2025).
11. Інтерактивні застосунки: інтерактивна симуляція. URL: https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_uk.html (дата звернення: 20.10.2025).
12. Кнорозок Л. М. Формування критично-креативного мислення учнів з

використанням STEM-освіти.

13. Коваль Т. В. STEM-технології як засіб розвитку креативності учнів на уроках фізики. *Освітній простір України*. 2020. № 21. С. 74–81.

14. Ковальчук Л. І. Використання доступних технологій у STEM-навчанні фізики. *Фізика в школах України*. 2022. № 9. С. 24–30.

15. Концепція «Нова українська школа» (МОН України, 2016; оновлення 2021).

16. Концепція розвитку STEM-освіти в Україні (МОН, 2018). Київ: МОН України, 2018. 12 с.

17. Концепція розвитку STEM-освіти в Україні до 2027 року (МОН України, 2021). Київ, 2021.

18. Лапін В. І., Гришун С. В. Цифрові лабораторії у шкільному фізичному експерименті: навч.-метод. посіб. Київ: Педагогічна думка, 2021. 108 с.

19. Латиш Н. М. Творчий потенціал молодших школярів: діагностика та розвиток. Київ, 2020.

20. Локшина О. Г. Формування дослідницьких умінь учнів на уроках фізики шляхом інтеграції з біологією. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5: Педагогічні науки: реалії та перспективи*. 2019. Вип. 70. С. 124–128.

21. Манько В. Г. Інноваційні підходи до навчання фізики у контексті STEM-освіти. *Педагогіка і психологія професійної освіти*. 2021. № 3. С. 123–129.

22. Мельник І. Г. Інтеграція фізики з іншими дисциплінами як засіб формування компетентностей учнів старшої школи. *Наукові записки НПУ ім. М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки*. 2022. № 86. С. 60–68.

23. Миронюк Марина, Моклюк Микола. Розвиток творчого потенціалу учнів на уроках фізики з використанням STEM-технологій. Актуальні проблеми математики, фізики і комп'ютерних наук: зб. наук. пр. [Електронне мережне видання]. Вінниця, 2025. Випуск 22. С. 144–150.

24. Миронюк Марина, Моклюк Микола. Інтеграція STEM-технологій в навчання фізики як умова розвитку креативності здобувачів середньої освіти. *Матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації»:* Зб. наук. праць. Переяслав, 2025. Вип. 122. С. 175-179.
25. Моляко В. О. Психологія творчості. Київ, 2015.
26. Мороз В. М., Малихін О. В. STEM-освіта: теорія і практика: монографія. Харків: Вид-во «Ранок», 2020. 256 с.
27. Наказ МОН України № 87 (2018) Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти.
28. Пометун О. І. Компетентнісний підхід: реалії, перспективи, ризики. Київ: Пед. Думка, 2019.
29. Пометун О. І., Онкович О. В. Сучасний урок. Інтерактивні технології навчання: наук.-метод. посіб. Київ: Видавництво «Вікторія», 2015. 192 с.
30. Руденко Т. В. Впровадження STEM на уроках фізики. *Фізика та астрономія в школі*. 2020. № 4. Савченко О. Я. Інтеграційні процеси в освіті: теорія і практика. *Педагогічний дискурс*. 2019. № 26. С. 22–31.
31. Сартан Г. Н. Психологічний розвиток навчаючихся в процесі навчання. Київ: Освіта, 2020. 287 с.
32. Семеніхіна О. В. Формування дослідницьких умінь учнів у процесі вивчення природничих дисциплін. Київ: Педагогічна думка, 2016. 192 с.
33. Середюк О. В. Методичні засади реалізації творчих проєктів у курсі фізики. *Освітній простір України*. 2022.
34. Сисоєва С. О. Педагогіка творчості. Київ, 2006.
35. Топузов І. В., Гнеденко О. Є. STEM-освіта як інноваційна технологія формування ключових компетентностей. Київ: ІП НАПН, 2020.
36. Холоденко В. О. «Творчий потенціал особистості: сутність та структура». *Педагогіка і психологія*. 2019.
37. Ярмаченко М. Д. Педагогіка: навч. посіб. Київ: Вища школа, 2019. 438 с.

38. Amabile, T. M. *Creativity in Context*. Boulder, CO: Westview Press, 2017
39. Bergman, J., Sams, A. *Відчуження класу: Як перевернути навчання і змінити освіту* (Flipped Learning). (Без вихідних даних, 2018). 184 с.
40. Boakes, N. J., McGinnis, M. R. Industry–School Partnerships in STEM Education: A Global Perspective. *International Journal of Science Education*. 2019. Vol. 41, № 12. P. 1655–1672.
41. Bybee, R. W. *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press, 2013. 117 p.
42. Csikszentmihalyi, M. *Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention*. New York: Harper Collins.
43. English, L. D. STEM Education K–12: Perspectives on Integration. *International Journal of STEM Education*. 2016. Vol. 3, No. 3. P. 1–8.
44. Guilford, J. P. Creativity. *American Psychologist*. 2018. Vol. 5, № 9.
45. Holbrook, J., Rannikmäe, M. The Nature of Science Education for Enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education*. 2010. Vol. 31, № 9. P. 1347–1362.
46. Honey, M., Pearson, G., Schweingruber, H. (Eds.) *STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. Washington, DC: National Academies Press, 2015. 180 p.
47. Kelley, T. R., Knowles, J. G. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*. 2016. Vol. 3, No. 1. P. 11.
48. Kim, Y., Lee, J. Korean Education: The Case of STEM Education. *Journal of Korean Educational Development*. 2020. Vol. 36, No. 2. P. 25–45.
49. OECD. *PISA 2022 Creative Thinking Framework*. 2022.
50. OECD. *Preparing Teachers and Developing School Leaders for the 21st Century: Lessons from around the World*. Paris: OECD Publishing, 2022. 156 p.
51. Putri, M. A., & Nisa', K. Enhancing Creative Thinking in High School Physics through Project-Based Learning Integrating Local Wisdom and STEAM for Quality Education. *Journal of Current Studies in SDGs*. 2025. Vol. 1, No. 1. P.

47–67.

52. Quigley, C. *STEAM Education: Theory and Practice*. Routledge, 2018.
53. Sahlberg, P. *Finnish Lessons 3.0: What Can the World Learn from Educational Change in Finland?* New York: Teachers College Press, 2021. 291 p.
54. Salmi, J. STEM Education in Finland: A Holistic Approach. *Journal of Science Education and Technology*. 2020. Vol. 29, № 4. P. 489–497.
55. Sternberg, R. J., Lubart, T. I. *Defying the Crowd: Cultivating Creativity in a Culture of Conformity*. New York: Free Press, 2016.
56. Subramaniam, R. C., et al. Presenting a STEM Ways of Thinking Framework for Physics Education. *Physical Review Physics Education Research*. 2025. Vol. 21, No. 1. 010122.
57. Torrance, E. P. *Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT)*. (2015).
58. UNESCO. *STEM Education for Sustainable Development*. Paris: UNESCO, 2019. 75 p.
59. Поліщук М.А., Моклюк М.О. Дидактична гра як засіб навчання і виховання молодших школярів. Актуальні проблеми формування творчої особистості педагога в контексті наступності дошкільної та початкової освіти: збірник матеріалів II Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (Вінниця, ВДПУ імені Михайла Коцюбинського, 19-20 квітня 2018 р.) / за ред. О.А.Голюк; Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського, факультет дошкільної, початкової освіти та мистецтв. Вінниця: ТОВ «Меркьюрі-Поділля», 2018. Вип. 7. 326 с.
60. Сільвейстр А.М., Моклюк М.О. Розвиток логічного мислення в учнів основної школи на уроках фізики. Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах: зб. наук. пр. / [редкол.: А.В. Сущенко (голов. ред.) та ін.]. Запоріжжя: КПУ, 2020. Вип. 73. Т. 1. С. 144-149. DOI: <https://doi.org/10.32840/1992-5786.2020.73-1.27>.