

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра загальної та прикладної фізики

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: «ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ  
У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В СТАРШИХ  
КЛАСАХ ЗАКЛАДІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ»

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.0140-ф-з  
спеціальності 014 Середня освіта  
(шифр і назва спеціальності)  
освітньої програми Середня освіта (Фізика)  
(назва освітньої програми)  
І.А.Данчук  
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент кафедри загальної та прикладної фізики,  
доцент, кандидат фіз.-мат. наук, Мінаєв Ю.П.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)  
завідувач кафедри педагогіки  
та психології освітньої діяльності, проф., д.пед.н.,  
Рецензент Іваницький О.І  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет математичний

Кафедра загальної та прикладної фізики

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 014 Середня освіта  
(шифр і назва)

Освітня програма Середня освіта (Фізика)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри загальної та прикладної фізики, проф., д-р. пед.н, доцент

Андрєєв А.М.

(підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**

Данчук Інні Анатоліївні

(прізвище, ім'я та по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти

керівник роботи (проекту) Мінаєв Юрій Павлович, канд. фіз.-мат. наук, доцент  
(прізвище, ім'я та по-батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » червня 2021 року № 850-с

2. Строк подання студентом роботи 25.11.2021 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Постановка завдання  
2. Перелік літератури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Теоретичні основи застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти

2. Методичні основи застосування STEM-технологій

3. Експериментальна перевірка ефективної методичної системи та технологій

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Презентація

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 10 червня 2021 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи.	28.09.2021	
2.	Збір вихідних даних.	30.09.2021	
3.	Обробка методичних та теоретичних джерел.	01.10.2021	
4.	Розробка першого розділу.	04.10.2021	
5.	Розробка другого розділу.	17.10.2021	
6.	Оформлення та нормоконтроль кваліфікаційної роботи.	25.11.2021	
7.	Захист кваліфікаційної роботи.	07.12.2021	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

**І.А. Данчук** \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Ю.П. Мінаєв** \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Н.І. Тихонська** \_\_\_\_\_  
(ініціали та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти»: 74 сторінки, 11 рисунків, 3 таблиць, 81 посилання.

НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ, ІНЖЕНЕРІЯ, МАТЕМАТИКА, ІНОВАЦІЙНА МЕТОДИКА, STEM-МЕТОД, STEM-ПРОЄКТ, ТЕСТ-КЕЙС.

Об'єктом дослідження є процес навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти із застосуванням STEM-технологій.

Мета дослідження: проаналізувати сучасний навчальний процес в старших класах закладів середньої освіти, визначити шляхи впровадження STEM-технологій у навчальний процес, розкрити особливості використання практичних питань реалізації елементів STEM-технологій, дослідити перспективи STEM-технологій.

Методи дослідження: теоретичні: вивчення наукової літератури, сучасних педагогічних досліджень та публікацій про STEM-освіту, їх аналіз, синтез провідних ідей та формулювання власних цілей, узагальнення досвіду вчителів фізики і методистів; емпіричні: спостереження за особливостями навчального процесу в школі, де я працюю; практичне впровадження елементів STEM-технологій на уроках фізики старшої школи.

Теоретична значимість дослідження полягає в теоретичному обґрунтуванні основних особливостей сучасної STEM-освіти: інтерактивне навчання, розвиток навичок критичного мислення, активна комунікація і командна робота, визначенню перспективних кроків впровадження STEM-технологій.

Практична значимість дослідження визначається позитивними результатами застосування STEM-технологій, які впливають на розвиток учнів вмінню критично мислити, творчо вирішувати проблеми.

## SUMMARY

Master's Qualification Thesis «Application of STEM-Technologies in the Process of Teaching Physics in Senior Classes of Secondary Schools »: 74 pages, 11 figures, 3 tables, 81 references.

SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING, MATHEMATICS, INOVATSIYNA METHOD, INFORMATION RESOURCES IN SENIOR SCHOOL, STEM-METHOD

The research object is the introduction the STEM-education elements to physics learning process in classes of general secondary education schools.

The purpose of study: analyzing the current learning process in classes of general secondary education schools, detecting the introducing way of STEM technologies to the teaching processes, discover the feature using of STEM-technologies in practice.

Research methods: theoretical: research of the scientific literature, the modern pedagogical researches and the publications about STEM education, its analysis, synthesis the modern ideas and the generation of own goals, summarize skills of both the physics teachers and physics lectors; empirical: Watching the particular qualities of learning in school where I work. Practical using the STEM technologies on the physics lessons of secondary education school.

The theoretical significance of researching is in theoretical rationale common features the modern STEM education: interactive education, increment skills of critical thinking, communication and team work, detecting real ways of introducing the STEM technologies.

The practical significance of the researching is detecting of the positive results of STEM technologies, which inject into the studing proces of the pupils the critical thinking, creatively resolving problems, intelligently forming their own thoughts, describing the technology Physics teachers can study STEM technologies in the process of studying their discipline in high school classes.

## ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
Реферат.....	4
Summary.....	5
Вступ.....	7
1 Теоретичні основи застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти.....	12
1.1 Аналіз основних понять дослідження.....	12
1.2 Психолого-педагогічні засади застосування STEM-технологій..	19
1.3 Стан застосування технологій в процесі навчання на Україні та за кордоном.....	27
2 Методичні основи застосування STEM-технологій.....	34
2.1 Методична система застосування STEM-технологій в процесі навчання фізики.....	34
2.2 Організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів фізики до застосування STEM-технологій.....	36
2.3 Організація проектної діяльності учнів на основі STEM-технологій.....	46
3 Експериментальна перевірка ефективної методичної системи та технологій.....	52
3.1 Організація педагогічного експерименту з перевірки ефективної методичної системи застосування STEM-технологій.....	52
3.2 Результат педагогічного експерименту.....	55
Висновки.....	63
Перелік посилань.....	65
Додаток А. Роздатковий матеріал дистанційної лабораторної роботи.....	73

## ВСТУП

Зараз, коли мова заходить про освіту, все частіше окрім актуальної теми "Нова українська школа" можна почути коротке, але звучне слово – STEM (іноді STEAM). Цим поняттям представники сфери освіти і просто небайдужі до неї люди протягом останніх кількох років позначають новий формат отримання знань в школі.

На міжнародних освітніх виставках все більше акцент робиться на роботизації і технологіях, як наприклад, на BETT 2020 року, GESS Dubai 2020 і навіть всесвітній виставці іграшок Hong Kong Toys and Games Fair. Також в майбутньому, з ініціативи МОН, буде виділено близько 800 млн грн на розвиток саме STEM-освіти в Україні [1].

Так що ж таке STEM-освіта і чому вона так відома і важлива сьогодні?

STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) – це підхід до освітнього процесу, що включає в себе практичне поєднання науки, технологій, інженерії та математики. Згідно з ним, основою набуття знань є проста і доступна візуалізація наукових явищ, що дозволяє легко освоїти знання на основі практики, роботи з технологіями і глибокого розуміння природних процесів. У школах з STEM в пріоритеті знаходиться саме навчальний процес і рішення практичних завдань, а не вчитель, який виступає не стільки лектором, скільки модератором навчального процесу.

Розглядаючи сучасну школу як школу когнітивних ролей, школу індивідуального освіти, співтворчості, як альтернативу класно-урочної системи, як школу відкритої освіти та змішаного навчання, школу проблемних ситуацій і кейсових практик, школу, де зустрічаються наука, технологія і мистецтво, ми надаємо великого значення педагогічному дизайну не тільки шкільного середовища і соціального контексту, але і

педагогічному дизайну ідеальних об'єктів шкільної життя – технологій, проектів, навчальних програм.

Сучасна школа не повинна бути докучливою. І сьогодні вона починає змінюватися, ставати радісною і відкритою, високотехнологічною і мотивуючою до самостійного пошуку і творчості.

Учні, які мають попередню підготовку або ж схильність до природничих наук будуть ставати більш успішними в процесах навчання. А вже саме зараз не вистачає досвідчених спеціалістів на ринку праці саме технічних спеціальностей. За словами Валерія Карпинчика, директора ВАТ "Інтерхім", зазвичай «технарі» – найкмітливіші, їх значно легше навчити особливостям професії та навіть перекваліфікувати [2].

Коли ми говоримо про STEM в закладах середньої освіти, то не повинні забувати і про інклюзії. Діти з особливими освітніми потребами також мають можливість вивчати точні науки. Для них існують цифрові математичні платформи, які дозволяють дітям відстежувати свою роботу, а вчителям бачити їх кроки розв'язку задач і визначити, де виникають проблеми. Сюди також можна віднести такі STEM-технології як аудіо-підручники або підручники зі шрифтом Брайля, 3D-моделі і аудіо-опис складних таблиць або явищ.

Застосовуючи знання на практиці в лабораторних умовах, учні можуть побачити, як виникають і проходять ті чи інші процеси та фізичні закони. Отримання знань більше не сфокусовано лише на одних підручниках. Тепер учні мають можливість експериментувати з різними приладами, працюючи спільно і розподіляючи завдання між собою в команді.

Метою даної роботи є розробка, обґрунтування застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти.

У ході роботи були виконані наступні завдання:



1. Аналіз джерел і практики застосування STEM-технологій, аналіз методичної літератури стосовно проблеми дослідження, ознайомлення із STEM-технологіями.

2. Дослідити готовність учителів фізики м.Кам'янського до реалізації STEM-освіти.

3. Розробити методичні засади використання STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти.

4. Експериментально перевірити ефективність застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти.

Предмет дослідження – застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти.

Методи дослідження:

➤ теоретичні – аналіз, порівняння, узагальнення даних за проблемою дослідження на основі вивчення філософсько-методологічної, психолого-педагогічної та методичної літератури;

➤ емпіричні – педагогічний експеримент, анкетування вчителів та учнів, бесіди з учнями, вивчення практичного досвіду навчання фізиків і вчителів.

Наукова новизна: розроблено методичну систему застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти, яка містить цілі, зміст, форми, методи і засоби застосування цього феномену.

Практична значемість дослідження цікава:

- вчителям фізики, проектна діяльність яких пов'язана з застосуванням STEM-технологій;

- вчителям для організації та проведення узагальнюючих уроків з фізики в старших класах закладів середньої освіти;

- студентам – майбутнім учителям фізики для створення власних ідей створення STEM-проектів із застосуванням STEM-технологій.

Апробація кваліфікаційної роботи:

Взяла участь у конференції «Молода наука-2021», опубліковано тези матеріалів [3, с. 60].

В березні 2021 року прийняла участь в круглому столі на методичному об'єднанні вчителів фізики у м. Кам'янському та виступила з темою «Реалізація STEM-проектів під час освітнього процесу: від ідеї до втілення». Були розглянуті визначальні положення кваліфікаційної роботи, основні методи, цілі і засоби застосування STEM-технологій на прикладі проекту «Розумний будинок».

Була учасниця у фестивалі педагогічних інновацій освітян Дніпропетровщини «EDU-FEST Dnipro-2021» у номінації «Від STEM-освіти до STEM-кар'єри», нагороджена дипломом III ступеня як переможець (м.Дніпро, 15 червня 2021 року) [4].

28 квітня 2021 року успішно пройшла тренінг в рамках IV-го Всеукраїнського фестивалю «STEM-весна 2021» з теми: «STEM-освіта в школі, як складова внутрішньої системи забезпечення якості освіти». 29 квітня 2021 року успішно опанувала модуль «Практичні STEAM-кейси» з інструментами Edpro [5]. Взяла участь та успішно пройшла курс навчання в рамках лідерської освітньої програми для вчителів «STEAM-CAMP» з 21 травня по 30 червня 2021 року.

Взяла участь в Web-STEM-школа-2020 [6] та Web-STEM-школа-2021 українського проекту «Якість освіти» [7].

Була залучена до участі в тринадцятій міжнародній виставці «Інноватика в сучасній освіті» у конкурсі з тематичних номінацій за темою: STEM-напрями як засіб підвищення якості інклюзивної освіти.

Основні результати роботи були розглянуті засіданні кафедри загальної та прикладної фізики протокол № 4 від 25.11.2021 року.

Кваліфікаційна робота магістра складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку посилань, додатків. Вона містить 3 таблиці, 11 рисунків. Її обсяг складає 74 сторінки, з них основного тексту 74 сторінки.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОЦЕСІ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В СТАРШИХ КЛАСАХ ЗАКЛАДІВ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

## 1.1 Аналіз основних понять дослідження

За останні роки на Україні відбуваються прогресивні зміни в сфері системної освіти та інтенсивний розвиток модернізації навчального процесу. «Державна політика у сфері освіти України враховує напрями розвитку освіти світового співтовариства та країн Європейського Союзу та спрямована на посилення наукового напрямку у навчальній діяльності, зокрема у дослідно-експериментальній, конструкторській, винахідницькій, що забезпечить формування в учнівської молоді компетентностей, необхідних на різних рівнях освіти» [1].

Зріст в промислових галузях ІТ-технологій та роботехніки виявляє потребу в досвідчених спеціалістах. На підприємствах встановлюється нове автоматизоване обладнання, яке потребує вправних фахівців для роботи з ним. Чим краще робітник буде справлятися з новітніми технологіями, тим вище буде якість продукції та розвиток промисловості. Виникає потреба в високоякісній освіті та навчанню учнів в галузі промисловості, а саме технічним та природничим дисциплінам – математиці, програмуванню, інженерії, фізиці, хімії. Особливо потрібно звернути увагу на знання таких дисциплін серед дітей старшої школи. Адже саме в такому віці у дітей вже формується уява про майбутню професію.

На сьогодні досягнення знань в галузі промисловості та інженерії досягається завдяки системі навчання STEM-освіти.

STEM-освіта – це послідовність курсів або програм навчання, яка готує учнів до успішного працевлаштування, до освіти після школи або для того й

іншого, вимагає різних і більш технічно складних навичок, зокрема із застосуванням математичних знань і наукових понять [8].

Наука і дослідження мають фундаментальне значення для розуміння навколишнього світу і того, як він працює. Вони можуть надати нам новаторські рішення повсякденних проблем і підготувати нас до майбутнього, в якому ми хочемо жити.

Однак цінність цих наукових і технологічних відкриттів залежить від нашого розуміння їх. Без ефективного і чіткого наукового спілкування наука і дослідження не будуть зрозумілі суспільству, якому вони покликані приносити користь.

13 січня 2021 року Кабінет Міністрів України затвердив план заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року [9]. Концепція була схвалена Урядом ще 5 серпня 2020-го року. В плані було затверджено послідовність заходів, націлених на розвиток та формування навичок інженерної та науково-дослідницької практики, підприємництва, професійної підготовки та підготовки до свідомого вибору майбутньої професії, поширюванням інновацій у сфері освіти. «Відповідаючи на глобальні виклики цифрової трансформації та ключові наукові й технологічні тенденції, одним з пріоритетних напрямів розвитку всіх країн світу стає STEM-освіта (наука, технології, інженерія і математика). Значну увагу в світі приділяють вивченню математики та інженерії. Тому відповідність змісту навчання суспільно-економічним запитам держави має бути основою нової філософії природничо-математичної освіти», – акцентував очільник Міносвіти Сергій Шкарлет [10]. Впродовж 2021-2022 років, відповідно до пунктів документу, планується розробка методичних рекомендацій та навчальних посібників для вчителів, які планують готувати здобувачів освіти до участі у міжнародному освітньому дослідженні PISA. Паралельно планується оновлення стандартів в галузі знань «Освіта/Педагогіка», а саме застосування нових підходів, методів в навчанні та оцінюванні.

Люди мають бути кваліфікованими, щоб адаптуватися до змін та інновацій, викликаних швидкою зміною інформації та технології. Це може бути досягнуто при інтеграції технології в освіту. Важливу роль як зараз, так і в майбутньому відіграє наука, технологія, техніка та математика. Щодо цього, кількість досліджень, проведених з метою поліпшення науки, технології, інженерії та математики (STEM-освіти) також зростає з кожним днем [11].

Вже сьогодні відбуваються зміни в системі освіти, які ведуть до покращення технологій та вдосконалення різних наук. Водночас наближається нова освіта, яка дозволить навчати людей, що мають високий рівень вміння вирішувати проблеми, вміють критично мислити та працювати разом. Така освіта необхідна для виховання робочої сили, що покращить національну економіку. Це було б досягнуто через освіту, яка передбачає сучасні підходи. STEM (наука, технології, інженерія, математика) освіта є одним із таких підходів. STEM-освіта дуже важлива, оскільки вона дає можливість науково-технічного розвитку та сприяє до сталого зростання. Замість того, щоб вивчати дисципліни, які розглядаються окремо, STEM-освіта фокусується на такі навички, як вирішення проблем, дослідження, ефективних комунікації та дизайну. Основна мета STEM-освіти: навчити дітей поглянути на проблему або задачу з точки зору міжпредметних зв'язків.

STEM-освіта розглядається як міждисциплінарна система, що охоплює весь навчальний процес, починаючи з дошкільного освіти до вищої освіти. STEM-освіта забезпечує покращення STEM-грамотності людей, конкурентоспроможності в різних галузях науки. Завдяки міждисциплінарному підходу вдається зв'язати життя з оточенням навколо себе. Навчання STEM дає разом усі знання та навички в галузі науки, техніки, інженерно-математичні дисципліни, вдосконалення ставлення людей до науки та наукового процесу навички в позитивному ключі і в кінцевому

підсумку досягнення продукту. З цієї причини навчання у сфері STEM розширюється і в українських школах, особливо серед учнів старшої школи.

Нині не існує загальноприйнятого визначення поняття STEM-освіти. У широкому контексті – це педагогічна технологія формування та розвитку розумово - пізнавальних і творчих якостей здобувачів освіти, рівень яких визначає конкурентну спроможність особистості на сучасному ринку праці. Так, більша частина STEM-сфер діяльності стосуються широкого спектру інженерії, а інша частина – інформатично-математичної та науково-природничої діяльності, серед яких аерокосмічна, комп'ютерна, біомедична, хімічна, машинобудівна, атомна, енергетична, екологічна, хімічна інженерія, інформаційні технології, геоматика, мехатроніка, програмування, агротехнологія, атмосферні та космічні дослідження тощо.

Ключові аспекти STEM-підходу в навчанні [12]:

- інтеграція в єдину парадигму змісту та методології природничих наук, сучасних технологій, зокрема інформаційних, інженерного дизайну та математичного інструментарію;
- конструювання навчальних планів і програм на міждисциплінарних засадах;
- інтегроване навчання відповідно до певних тем, а не окремих дисциплін;
- застосування когнітивних і соціальних технологій, а також трансферу знань;
- навчання на реальних техніко-технологічних, економічних і соціально значущих проблемах;
- акцент на комплексному формуванні наукового та інженерного мислення.

STEAM (від англ. Science – природничі науки; Technology – технології; Engineering – інжиніринг, проєктування, дизайн; All / Arts – всі решта (мистецькі, гуманітарні та соціальні науки, як подано на рис. 1.1); Mathematics – математика) – інноваційний підхід до навчання, який є вищим

рівнем розвитку STEM, доповнюючи його шляхом залучення до вирішення практичних завдань гуманітарних, творчих, мистецьких та інших дисциплін навчального плану.

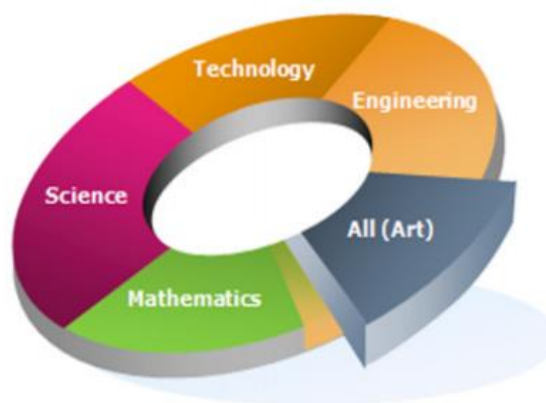


Рисунок 1.1 – Розшифрування абрєвіатури STEAM

Прискорювачем STEAM-руху в освіті є дослідження, яке було проведене в 2009 року The Johns Hopkins University School of Education. Воно обґрунтувало, що навчання мистецьким дисциплінам вдосконалює когнітивні навички учнів, підвищує увагу та пам'ять, збільшує критичне мислення, допомагає орієнтуватися в складних ситуаціях. Саме тому, STEAM-підхід до організації навчального процесу дає змогу розкрити творчі здібності, завдяки поєднанню дослідницької та інноваційної діяльності, зв'язу суспільства з оточуючим світом. Так, актуальними STEAM-напрямами є веб-, аудіо-, відеодизайн, інтер'єрний і промисловий дизайн, анімація, архітектура, індустриальна естетика, індустрія краси та моди тощо.

Підготовка в напрямі STEM-освіти має розпочинатися ще з молодшого шкільного віку. Зауважимо, що структуру STEM-освіти мають визначати: державний стандарт загальної середньої освіти, позашкільної освіти та спеціалізовані стандарти.

Відповідно до структури загальної середньої освіти можна відокремити три етапи реалізації в ній STEM-підходу [12]:

– на рівні початкової школи, де відбувається стимулювання допитливості, підтримка інтересу до навчання та пошуку знань, мотивація до самостійних досліджень, створення простих приладів, конструкцій тощо;

– на рівні середньої школи: вирішується завдання формування в учнів стійкої цікавості до природничо-математичних наук, оволодіння системою практичних навичок, необхідних для подальшого життя людини в техносфері, ґрунтовного розуміння екології та природи загалом; на цьому етапі особливо важливим є залучення учнів до дослідницької діяльності та винахідництва, що дасть змогу збільшити відсоток тих, хто стане талановитим ученим, інженером, новатором;

– старша школа, що сприяє свідомому вибору подальшої освіти STEM - профілю, поглибленій підготовці зі STEM-дисциплін (профільне навчання), освоєнню наукової методології, усвідомленню фізичної, техніко-технологічної та наукової картин світу в контексті розуміння сутності, функціонування і розвитку світових економічних систем.

Нижче розглянемо основні терміни концепції STEM.

STEM-компетенції / компетентності і навички (*competencies & skills*) – динамічна система знань і умінь, навичок і способу мислення, цінностей і особистісних якостей, які визначають здатність до інноваційної діяльності: готовність до розв’язання комплексних задач, критичне мислення, креативність, організаційні здібності, уміння працювати в команді, емоційний інтелект, оцінювання і прийняття рішень, здатність до ефективної взаємодії, уміння домовлятися, когнітивна гнучкість.

Технології – це сукупність методів, процесів і матеріалів, використовуваних в будь-якій галузі діяльності, а також науковий опис способів технічного виробництва; у вузькому понятті – це комплекс організаційних заходів, операцій і прийомів, спрямованих на виготовлення, обслуговування, ремонт та / або експлуатацію виробів з номінальною якістю і оптимальними витратами, і обумовлених поточним рівнем розвитку науки, техніки і суспільства в цілому [13].



STEM-технології – це широкий вибір можливостей (методів та матеріалів) професійного розвитку людини та створення такого середовища навчання, яке дозволяє школярам бути більш активними, краще запам'ятовували програмний матеріал, бути залученим в процес навчання [14].

Інжиніринг (англ. engineering) – синонім терміну інженерія, який відрізняється етимологічно від англ. engineering: набір прийомів і методів, які компанія, підприємство або фірма використовує для планування, проектування і здійснення своєї діяльності.

Інновація – нововведення в галузі техніки, технології, організації праці або управління, засновані на використанні досягнень науки і передового досвіду; продукт інноваційної діяльності. А об'єкти впровадження чи процес, що спричинює до появи чогось нового – це вже новації.

Когнітивні технології – сукупність методів, засобів та прийомів оптимізації процесів здобування, зберігання і використання необхідних знань людства в інформаційному середовищі; ґрунтуються на інтелектуальній діяльності (структуризація, аналіз, синтез, добір тощо); спрямовані на формування дослідницького стилю діяльності. Когнітивні технології у психології і педагогіці орієнтовані на розвиток сприйняття, уваги, пам'яті, розпізнавання образів, уяви, мови, мислення, розв'язання задач та ін.

Освітня робототехніка – міжпредметний напрям навчання дітей, інтеграція знань з фізики, технології, математики, кібернетики, мехатроніки й ІКТ, який дозволяє залучити до процесу інноваційної, наукового-технічної творчості учнів різного віку.

Проектна діяльність – одна з найперспективніших складових освітнього процесу, яка створює умови творчого саморозвитку та самореалізації учнів, формує всі необхідні життєві компетенції: полікультурні, мовленнєві, інформаційні, політичні та соціальні.

Технологічна компетентність – складова соціально-професійної компетентності, яка дозволяє швидко та ефективно вирішувати професійні проблеми й завдання за допомогою використання різноманітних технологій.

Трансдисциплінарність – об'єднання міждисциплінарних наукових ресурсів – широкого спектру соціальних, політичних, економічних, екологічних та інших знань для вирішення досліджуваної проблеми в єдиних методологічних і теоретичних рамках [15].

Трансфер знань – певна організаційна система і процеси, за допомогою яких знання, включаючи технології, досвід і навички передаються від однієї сторони до іншої, приводячи до інновацій в економіці і соціальній сфері, забезпечуючи при цьому підвищення рівнів компетентної спроможності кожної особистості, з яких складається суспільство [15].

Тьютор (від. англ. tutor – учитель) – особа, що веде індивідуальні або групові заняття із учнями, студентами, репетитор, наставник.

Фасилітатор (англ. facilitator, від лат. Facilis – «легкий», «зручний») – це людина, що забезпечує успішну групову комунікацію [15]. Фасилітація в STEM-освіті – потужний інструмент розвитку креативної особистості [16].

## **1.2 Психолого-педагогічні засади застосування STEM-технологій**

Національний консультант з STEM-навчання Jonathan W. Gerlach стверджує: «Ми живемо в світі, який не розбитий на дисципліни, цей світ включає в себе прояви кількох галузей досліджень (науки) фактично акумульованих через обставини повсякденного життя. Більшість американців не зупиняються о 9:30 ранку, щоб займатися математикою, і щоб потім о 10:45 переключитися на соціальні дослідження» [17, с. 30]. За даними міжнародного порівняльного рейтингу оцінювання знань школярів PISA, головним завданням якого є оцінка якості, справедливості та ефективності шкільних систем, уміння використовувати набуті знання в реальних

життєвих ситуаціях, в середньому кожен четвертий 15-річний учень в Україні має низький рівень сформованої читацької, математичної чи природничої грамотності, які є основою для формування у подальшому професійної компетентності будь-якого фахівця [17]. Постає питання: як виховувати висококваліфікованих спеціалістів, якими методами та педагогічними прийомами можна досягнути оптимального поєднання теоретичних аспектів та практичних навичок, професійних знань та вмінь суспільства? Вирішення такої проблеми здійснюється через запровадження STEM-освіти.

Питанням підготовки спеціалістів високої якості та розвитку STEM-освіти займається велика кількість вітчизняних і зарубіжних науковців: В. Величко, Т. Андрущенко, О. Бочкова, С. Бревус, С. Буліга, А. Фролов, А. Волков, С. Горинський, Л. Глоба, К. Гуляєв, О. Коваленко, Е. Клімова, О. Комова, О. Лісовий, Н. Морзе, Н. Поліхун, В. Рохлов, М. Попова, В. Приходнюк, М. Рибалко, О. Сапрунова, С. Сосновський, П. Ситніков, О. Стрижак, О. Сліпухіна, А. Федоренко, Н. Чернецький, Р. Druker, M. Harrison, R. Florida, J. Confrey, A. House, G. Harpham, N. Morel, M. John, E. Peters-Burton, J. Tarnoff та інші.

Основним завданням STEM-освіти є:

- формування найзатребуваніших на ринку праці XXI ст. компетенцій і навичок;
- готовність до вирішення складних (комплексних) практичних проблем, які виступають у вигляді суперечливої ситуації («знаю що, не знаю як»);
- розвиток критичного мислення, вміння логічно розуміти в'язки між цілями та ідеями, вміти аргументувати та виявляти помилки в міркуванні (в тому числі й особистому), вирішувати проблеми системно;
- підготовка креативного фахівця, готового і здатного до творчості, яка виявляється як в продуктах інженерної діяльності, так і у мисленні, спілкуванні, почуттях;

- розвиток організаційних здібностей, уміння працювати в команді;
- актуалізація емоційного інтелекту, здатності ідентифікувати та управляти своїми емоціями та емоціями інших людей;
- формування здатності до правильного оцінювання проблеми і прийняття рішення, до ефективної взаємодії, яка виявляється у емпатії до споживача продукту діяльності команди, уміння спілкуватися з різними людьми, створювати позитивний настрій, виявляти терпіння;
- розвиток уміння домовлятися, здатності до урегулювання існуючих розбіжностей, когнітивної гнучкості, розумової здатності до швидкого переходу від однієї думки до іншої, одночасного аналізу конкретного об'єкта або складної проблеми в декількох аспектах;
- різнобічний розвиток індивідуальності, формування ціннісних орієнтацій, задоволення інтересів і потреб;
- становлення цілісного наукового світогляду, загальнонаукової, загальнокультурної, технологічної, комунікативної і соціальної компетентностей на основі засвоєння системи знань про природу, людину, суспільство, виробництво, оволодіння засобами пізнавальної і практичної діяльності;
- формування соціально-компетентної особистості, здатної здійснювати самостійний вибір і приймати відповідальні рішення у різноманітних життєвих ситуаціях;
- виховання потреби і здатності до навчання упродовж усього життя, вироблення умінь практичного і творчого застосування здобутих знань; виховання в особистості любові до праці, забезпечення умов для її життєвого і професійного самовизначення, формування готовності до свідомого вибору і оволодіння майбутньою професією [2].

На думку американських вчених спроба активізувати освіту тільки в напрямі науки без паралельного розвитку Arts - дисциплін може призвести до того, що молоде покоління позбудеться навичок креативності. А. Прінгсхайм зазначає, що «в істинному математику завжди є щось від художника,

архітектора і навіть поета». У STEM-освіті активно розвивається креативний напрямок, що включає творчі та художні дисципліни (промисловий дизайн, архітектура та індустриальна естетика). Тому нині вже говорять про STEAM-освіту, додаючи до звичного переліку ще й Arts – мистецтво (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) [17].

Національний науковий фонд (NSF) і Національний фонд мистецтв (NEA) в США після двостороннього обговорення прийшли до думки, що додавання мистецтва (A) до STEM явно недостатньо. Також варто додати навички мислення, втілені в читанні і письмі. (В англійській мові Reading and wRiting), тому STEAM трансформується в STREAM. Для майбутніх кваліфікованих робітників надзвичайно актуальне вміння презентувати та рекламувати результати своєї роботи чи роботи фірми, проводити вдалу PR-компанію для успішного розповсюдження створеного продукту чи послуги, “віднаходити у величезному обсязі різноманітних джерел та наявної інформації ту, що дасть змогу успішно й ефективно досягати поставлених цілей, розв’язувати сформульовані проблеми, робити обґрунтовані прогнози, обирати оптимальні рішення у найрізноманітніших ситуаціях” [18, с. 208]. Усі ці вміння складають професійну комунікативну компетентність майбутнього кваліфікованого робітника і ефективне її формування можливе саме в системі STREAM.

Основу діючих освітніх стандартів України для старшої школи закладів складають компетенції, якими повинен володіти учень середнього навчального закладу, який пройшов повний курс навчання.

Як зауважили A. Stoof, R. L. Martens, J. J. G. VanMerriënboer і T. J. Bastiaens: «Кількість визначень компетенції здається величезним. Мабуть, їх так само багато, як тих, хто їх складає, або навіть і більше» [48, с. 345].

Наприклад, з точки зору бізнес-практиків, професійні компетенції – це здатність суб’єкта професійної діяльності виконувати роботу відповідно до

посадових вимог. Останні являють собою завдання і стандарти їх виконання, прийняті в організації або галузі.

У зарубіжній і вітчизняній літературі показано численність і неоднозначність формулювань поняття «Компетенція». Для того, щоб встановити робоче визначення поняття «компетенція», ми провели порівняння визначень понять, на основі вивчення змісту текстів, що містять в собі визначення, дані різними авторами (див.табл.1.1).

Таблиця 1.1–Визначення поняття «компетенція» різних авторів

Автор	Зміст
Літературознавча енциклопедія [19, с. 510]	Компетенція – коло повноважень певної організації, установи, що керуються відповідними знаннями, досвідом при розгляді конкретних питань.
Тлумачний словник С. І. Ожегова [20, с. 289]	Компетенція – коло питань, в яких хто-небудь добре обізнаний; коло чийхось повноважень, прав.
Е. Ф. Зеєр [21]	Компетенція – сукупність знань і умінь, а також способи виконання діяльності
С. Е. Шишов, В. А. Кальней [22, с. 263]	Компетентність – здатність (уміння) діяти на основі здобутих знань.
А. В. Хуторський [23, с. 152]	Освітня компетенція – сукупність взаємозв’язаних смислових орієнтацій, знань, умінь, навичок і досвіду діяльності учня по відношенню до певного кола об’єктів реальної дійсності, необхідних для здійснення особисто і соціально значущої продуктивної діяльності. Компетенція – це готовність людини до мобілізації знань, умінь, зовнішніх ресурсів для ефективної діяльності в конкретній життєвій ситуації.

Порівняння визначень поняття «компетенція» дозволяє виділити наступні структурні компоненти: знання, вміння, ціннісні орієнтації (мотивація), досвід професійної діяльності педагога або досвід практичного застосування отриманих знань і умінь.

Кожен структурний компонент взаємопов'язаний з усіма іншими і є невід'ємною частиною компетенції.

Знання – це сукупність уявлень і понять про предмети, явища і закони дійсності, які формуються в результаті цілеспрямованого педагогічного процесу і самоосвіти.

Знання викладача з одного боку звернені до дисципліни, яку він викладає, з іншого – до учнів [24].

Під педагогічним умінням будемо розуміти «володіння педагогом певними способами і прийомами педагогічної діяльності, засноване на свідомому застосуванні психологічних знань» (О. А. Абдулліна). Професійно-педагогічне вміння повинно охоплювати ті ж складові частини, що і знання [24].

Ціннісні орієнтації виражають свідоме ставлення людини до соціальної дійсності і визначають мотивацію його поведінки, істотно впливаючи на всі сторони професійної діяльності. Залежно від структури ціннісних орієнтацій особистості, поєднання і ступеня переваги щодо інших цінностей, можна визначити, на які цілі спрямована професійна діяльність людини [25].

Мотивація – це сукупність внутрішніх і зовнішніх рушійних сил, які спонукають людину до діяльності, задають її межі і форми та надають цій діяльності спрямованість, орієнтовану на досягнення певних цілей [26].

Професійна діяльність – це є основним джерелом доходу виду трудової діяльності людини, що володіє комплексом спеціальних теоретичних знань і практичних навичок, набутих в результаті спеціальної підготовки і досвіду роботи [27].

Іншими словами досвід роботи є обов'язковою умовою формування професійних компетенцій. Вчитель, який викладає в старшій школі закладів

середньої освіти повинен розвивати свої навички щодо застосування в освітній процес технологічних прийомів STEM-освіти.

Розглянемо, як формуються професійні компетенції внаслідок вивчення спецкурсу «STEM-школа».

За результатами вивчення матеріалів спецкурсу та виконання практичних завдань вчителі можуть розвинути наступні професійні компетентності [28]:

- професійнопедагогічну,
- інформаційно-цифрову.

Впродовж навчання слухачі поглиблюють свої знання:

- про сфери направлення в освіті, необхідності випереджального критерію для економічного зростання своєї країни;
- про поняття STEM та застосування підходів STEM-освіти;
- про нові завдання і ролі вчителя у реалізації основних методологічних підходів Нової української школи (розвивальний, проєктнодіяльнісний, особистісно-орієнтовний);
- у сфері основних технологій, методів діяльного навчання та розвитку компетенцій, необхідних для успішної соціалізації молоді, вибору професій у сфері STEM.

Внаслідок практичної частини курсу вчителі розуміють як правильно послуговуватися понятійним апаратом з питань STEM-освіти, використовувати та визначати методи навчання відповідно для реалізації змісту та процесів навчання для учнів старшої школи закладів середньої освіти.

Аналізуючи ефективні стратегії навчання, можуть обирати методи, направленні на реалізацію соціально значимих наскрізних змістових ліній, в залежності від вибору майбутньої професії вихованця. Самостійно або за допомогою спеціальних платформ розробляти та реалізувати STEM-проєкти через інтегровані уроки.



Таким чином, вчитель, що планує в своїй професійній діяльності застосовувати STEM-технології та навчати через свої шкільні уроки дітей технологічним аспектам різних сфер діяльності має можливість довести до дітей наступні настанови:

- навчання триває протягом усього життя;
- власний розвиток залежить від своєї професійної компетентності;
- ефективність організації освітнього процесу залежить від раціонального використання STEM-підходів.

Під час STEM-навчання вчитель створює освітнє середовище спільного навчання, розвиває дослідницький інтерес.

За терміном реалізації STEM-програми у закладів середньої освіти старшої школи можуть бути:

- короткострокові (від 02 до 24 годин);
- курсові (для літніх шкіл, курсів тощо) (від 24 до 80 годин);
- середньострокові (річні) (від 80 до 120 годин);

Реалізація завдань для досягнення результатів STEM-школи здійснюється шляхом:

- самостійного опрацювання слухачами (вчителями) навчального матеріалу: відеодоповіді, додатки;
- виконання контрольнo-діагностичного тестування, спрямованого на вдосконалення вмінь і навичок застосовувати набуті теоретичні знання на практиці ;
- участі в дискусійному блоці спецкурсу з метою обговорення використання здобутих знань, умінь (навичок) у професійно-педагогічній діяльності.

З застосуванням в освітній процес старшої школи закладів середньої освіти STEM-технологій у дітей починають формулюватися загальнокультурні компетенції:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу, здатність вдосконалювати і розвивати свій інтелектуальний та загальнокультурний рівень;

- готовність діяти в нестандартних ситуаціях, нести соціальну та етичну відповідальність за прийняті рішення;

- здатності до самостійного освоєння та використання нових методів дослідження, до освоєння нових сфер професійної діяльності;

- здатність формувати ресурсної та інформаційної бази для здійснення практичної діяльності у різних сферах;

- здатність самостійно здобувати та використовувати, в тому числі за допомогою інформаційних технологій, нових знань і вмінь, безпосередньо не пов'язані з сферою професійної діяльності.

загально-професійні компетенції:

- готовність здійснювати професійну комунікацію в усній та письмовій формах на українській та іноземних мовах для вирішення завдань професійної діяльності;

- готовність використовувати знання сучасних проблем науки та освіти при вирішенні професійних завдань;

- готовність взаємодіяти з учасниками навчального процесу та соціальними партнерами, керівниками, колективом;

- здатність здійснювати професійну самоосвіту, проектування подальших освітніх маршрутів;

- здатність здійснювати професійну кар'єру.

Учень, що засвоїв освітню програму старшої школи закладів середньої освіти може також володіти початковими професійними компетенціями, в залежності від вибору майбутньої професії, а також спеціалізації (профілю) закладу середньої освіти.

### 1.3 Стан застосування технологій в процесі навчання на Україні та за кордоном

Стрімкий розвиток технологій потребує нові вимоги до підготовки та кваліфікації спеціалістів. В найближчому майбутньому нашої країни актуальними та затребуваними професіями, пов'язаним з високими технологіями є:

- IT -спеціалісти;
- інженери big data;
- програмісти;
- інженери технічних спеціальностей;
- професії, яких зараз ще немає (майбутні професії).

Вже зараз затребувані спеціалісти не тільки володіють теоретичними знаннями, а також іменними досвідом практичної роботи зі складними технологічними об'єктами.

Державні і політичні діячі, представники бізнесу вважають, що нестача STEM-працівників є і буде в подальшому загрозою для національної конкурентоспроможності. Бред Сміт, віце-президент корпорації Microsoft, вважає: «брак кваліфікованих фахівців досягнув такого рівня, що можна говорити про кризу геніїв для високотехнологічних компаній» [29].

Багато експертів вважають, що розвиток технологій переверне ринок праці. Яку освіту вибрати, щоб не залишитися осторонь від прогресу? У США в останні роки спостерігається бум на спеціальності STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) [30].

Розвиток STEM почався в 2000-х роках, коли влада США оголосила освіту в галузі високих технологій державним пріоритетом. З тих пір поняття STEM еволюціонувало в концепцію мислення, необхідного для Цифрової Індустрії .

Сучасна освіта STEM направлена на формування комплексу складних когнітивних навичок – критичного мислення, структурування та аналізу завдань, а також ряду поведінкових компетенцій, наприклад, адаптивності роботи в команді. Подібні навички дозволяють краще орієнтуватися в мінливих умовах і будуть особливо актуальні в світі пост-пандемії.

Які спеціальності підпадають під визначення STEM?

Єдиного списку дисциплін і професій, які входять в поняття STEM, не існує. Як правило, це точні науки, які тісно пов'язані між собою, серед яких:

- аерокосмічна інженерія;
- астрономія;
- біохімія;
- хімічна інженерія;
- хімія;
- біологія;
- статистика;
- комп'ютерні науки;
- довкілля;
- математика;
- машинобудування;
- електрична інженерія;
- механічна інженерія;
- фізика;
- будівництво.

Останнім часом принципи STEM застосовуються і до гуманітарних дисциплін (Arts, Humanities (Reading)), звідси і з'явилися аббревіатури STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics) і STREAM (Science, Technology, Reading, Engineering, Arts and Mathematics) .

Згідно з дослідженням, проведеним Королівською інженерною академією, Британії буде потрібно приблизно 1 000 000 спеціальностей STEM для задоволення потреб країни після 2020 року. Крім того, існує брак

більш 2 100 000 робітників у галузях математики, природознавства і технологій, дисципліни інформатики [31].

Ми не забуваємо про безліч проблем, з якими світ стикається в даний час, багато з яких можуть бути вирішені тільки вченими. Науковий розумовий процес відкриває багатообіцяюче майбутнє для внесення змін в світ. Чи пов'язана проблема з природою, зміною клімату, вірусними атаками, перенаселеністю, управлінням даними, старінням або кібербезпекою, кожна з них має своє коріння в науці. Це робить ще більш важливим познайомити учнів старших класів з науковим і технологічним ландшафтом, щоб допомогти знайти рішення.

Розглянемо (див.рис.1.2), з чим пов'язана кожна фаза навчання та перейдемо до наступного важливого аспекту: отримання огляду можливостей і майбутнього.

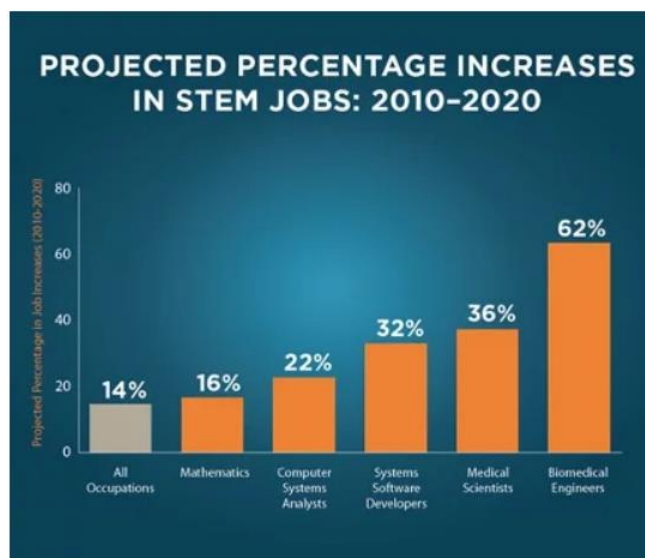


Рисунок 1.2 – Відсоткове збільшення робочих місць в STEM за 2010-2020 роки

Великобританія є одним з піонерів в освіті та дослідженнях STEM. Вона має досить складну та унікальну навчальну програму, яка пробуджує інтерес учнів до предметів STEM.

Пошук можливості навчання STEM в Великобританії, особливо в одній з провідних шкіл або університетів, в значній мірі гарантує дітям дуже плідну кар'єру в STEM.

Згідно з недавнім звітом, основна частина робочих місць в STEM в цій країні буде пов'язана з:

- Обчислювальна техніка - 71%
- Традиційне машинобудування - 16%
- Фізичні науки - 7%
- Науки про життя - 4%
- Математика - 2%

Англійці, які мають професії, пов'язаними зі STEM звичайно мають перевагу, якщо мають вищу освіту або диплом коледжу, наявність ступеня бакалавра або його еквівалента було б також великою перевагою. Адже чотири роки навчання у закладах освіти, що навчають STEM-технологіям можуть потенційно збільшити зарплату випускника в кілька разів.

Кілька фактів про вакансії в STEM з вимогою ступеня бакалавра:

- Їх середня початкова зарплата на початкових посадах на 26% вище, ніж в галузях, не пов'язаних з STEM.

- В даний час існує більше 2,5 оголошень про вакансії початкового рівня на кожне оголошення про вакансії в галузі, не пов'язаної з STEM.

Ці факти доводять, що програми STEM, особливо з чотирирічним курсом навчання (бакалаврат), можуть привести до дуже успішної кар'єри для більшості претендентів.

STEM також є одним з небагатьох секторів, який докладає всіх зусиль, щоб бути роботодавцем з рівними можливостями, маючи тверді погляди на відсутність дискримінації за ознакою статі, кольору шкіри або етнічної приналежності. Проте, в ряді областей STEM як і раніше не вистачає жінок і людей з недостатньо представлених груп населення.

Що відрізняє освіту в області STEM від інших традиційних форм навчання? STEM-освіта сильно відрізняється від традиційної освіти, яка

концентрується на математиці та природничих науках. Тут здобувачі освіти змішуються в середовищі, яке застосовує науковий метод, який можна використовувати в повсякденному житті. Наприклад, при обчислювальному мисленні основна увага приділяється реальним програмованим машинам для більш ефективного вирішення проблем. Нижче наведено поділ вивчення STEM на різні фази.

На рівні початкової школи навчання фокусується на вступному рівні STEM на доданок до підвищення обізнаності про факти, включених в цю область, а також про професії. Учні цього рівня знайомляться зі стандартною структурою предметів. Вони займаються встановленням зв'язку з усіма чотирма предметами, такими як наука, технологія, інженерія і математика. Мета цього рівня – викликати цікавість дітей, що бажають продовжити навчання в даній області.

В середній школі рівень розуміння STEM підвищується, на цьому етапі курс поглиблюється в навчання, що робить його дуже складним. Учні середньої школи знайомляться з академічними вимогами області, отримують уявлення про кар'єру STEM. На цьому рівні (і на всіх рівнях) життєво важливо, щоб всі області науки були просунуті для всіх учнів.

Рівень старшої школи орієнтований на застосування знань і поглиблене вивчення. Здобувачі знань в деякій мірі налаштовані на проходження курсів, доступних в областях STEM, підготовку до отримання майбутньої освіти і пошук роботи.

Отже, необхідністю в сучасній освіті є зміна навчальної програми STEM, щоб залучити учнів з усіх сегментів. Зміни в навчальній програмі повинні бути відображені вже на рівні початкової школи, щоб справити незабутнє враження на вихованців.

Отже, для кого це вигідно? Згідно LIYSF (London international youth science forum) навчання STEM-технологіям виявляється надзвичайно корисним для дітей у віці приблизно 16 років, які все ще не впевнені, яку область вибрати далі. Вони можуть взяти участь у різних молодіжних

таборах, наприклад таких, як науковий табір LIYSF, щоб закріпитися в навчанні STEM. Учасниками таких таборів керують професіонали у відповідній області та галузеві експерти, які допомагають краще зрозуміти кар'єру і можливості, доступні в цій галузі.

Оскільки світ стрімко наближається до нового майбутнього, використання можливості навчання STEM стрімко зростає. Це дасть можливість дітям цікаво будувати свою кар'єру. Крім того, наявність великої кількості робочих місць в області STEM робить його відмінним полем для майбутнього.

STEM-навчання – це шлях в майбутнє. Оскільки люди стають все більш залежними від технологій, необхідно вжити суттєві технологічні розробки для задоволення попиту. Цього можна домогтися тільки за допомогою STEM - освіти. Де STEM виявляється краще, ніж традиційна математика і річна програма. Де в змішаному навчальному середовищі демонструють дітям як науковий метод може бути застосований в повсякденному житті. Технології вчать учнів мислити обчислювально і зосереджуватися на реальних додатках рішення проблем.

STEM-освіта досить різноманітна за кордоном, в кожному університеті є свої унікальні програми навчання в кожній країні свої перспективи. Зазначимо топ-5 найпопулярніших країн, які навчаються за STEM [34]: Австралія, Сінгапур, Великобританія, Голландія, США.

Австралія є відмінним варіантом для студентів, які хочуть потрапити в розвинену екосистему стартапів і бути її активним учасником, а також отримати висококласну STEM-освіту за кордоном. Наприклад, Королівський Мельбурнський Технологічний Інститут є відмінним варіантом, адже саме він входить в топ-100 кращих в області інженерії і розташовується в штаті Вікторія, найбільш розвинутому та технологічному в країні.



Сінгапур – справжній хаб новітніх технологій. Нещодавно, уряд доклав величезних зусиль з інвестицій в даний сектор, що в результаті зробило Сінгапур найбільш популярною азіатською країною в отриманні інженерної освіти.

Великобританія – країна, яка має абсолютно будь-який напрямок, починаючи від інформатики і закінчуючи розробкою штучного інтелекту.

Голландія – найбільш прогресивна європейська країна, де навчання в університетах відрізняється прикладним підходом і особливою увагою до новітніх технологій, екології, зеленої енергії, аквакультури і водних ресурсів, а також програмування. STEM-освіту в Голландії можна отримати в Університеті Вагенінген, Університеті Твенте, а також Університеті прикладних наук Фонтіс і Ханзо.

США – безперечний лідер сегмента STEM і IT освіти за кордоном для українців та інших міжнародних студентів. Тут створено спеціальну програму для випускників даних напрямків, яка дозволяє пройти практичне стажування до 36 місяців за своєю спеціалізацією, як для студентів, які отримали ступінь бакалавра, так і для магістрів.

Згідно з дослідженням, проведеним вченими Джорджтаунського університету в 2014 році, прогнозована оцінка необхідної кількості працівників, пов'язаних зі STEM-освітою, до 2018 року складе 8,65 млн осіб. Зокрема, виробничий сектор зіткнеться з небезпечно великим дефіцитом співробітників, що володіють необхідними навичками, це буде майже 600 тисяч осіб [29].

Щоб вирішити цю проблему в даний час в провідних країнах світу розроблені освітні стратегії в області STEM-освіти.

Освітню технологію STEM називають самим перспективним трендом в галузі освіти. Адже STEM – це злиття в єдине ціле розрізнених природничо-наукових знань.

## 2 МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ

### 2.1 Методична система застосування STEM-технологій в процесі навчання фізики

STEM-навчання – це не тільки метод навчання, а й спосіб мислення. В освітньому середовищі STEM, діти отримують знання і відразу ж вчаться їх використовувати. Тому, коли вони виростають і стикаються з життєвими проблемами в реальному світі, наприклад, забруднення навколишнього середовища або глобальні зміни клімату, вони розуміють, що вирішити такі складні питання можна тільки спираючись на знання з різних областей і працюючи всім разом. Покладатися на знання тільки по одному предмету тут недостатньо.

STEM-підхід змінює наш погляд на навчання і освіту. Роблячи акцент на практичних здібностях, школярі розвивають свою силу волі, творчий потенціал, гнучкість і вчаться співпраці з іншими. Ці навички і знання і складають основну навчальну задачу, тобто те, до чого прагне вся ця система освіти.

Реалізація STEM-навчання може здійснюватися з використанням таких основних організаційних форм, як урок (заняття), проєкт, курс, квест; хакатон та ін., у яких діяльність вчителя та учнів здійснюється у встановленому порядку і в певному режимі (див.рис. 2.1) [12].

STEM-урок (заняття) – це форма організації навчання у відведений проміжок часу з групою учнів постійного складу, що передбачає інтеграцію трьох і більше STEM-дисциплін (біологія, фізика, хімія, географія, математика, технології).

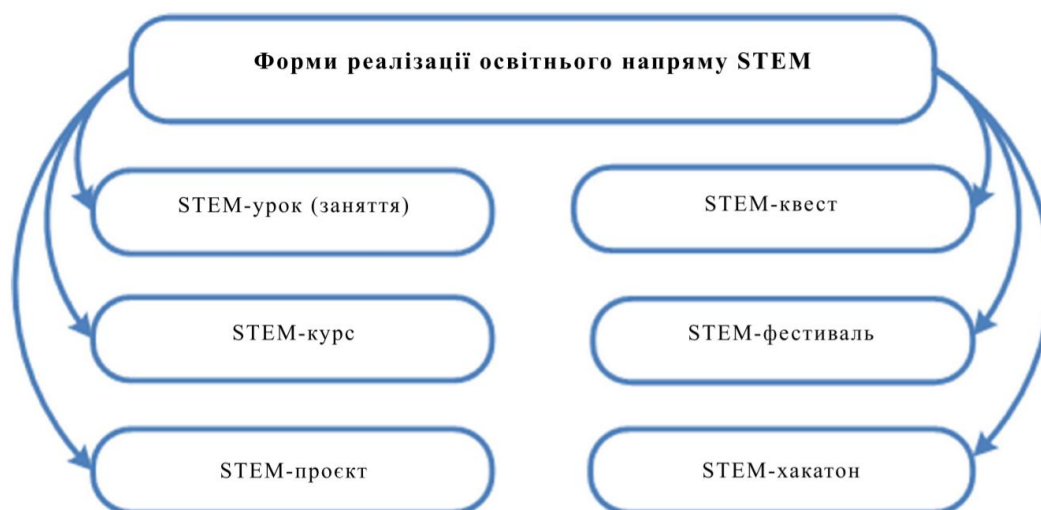


Рисунок 2.1 – Основні форми реалізації освітнього напрямку STEM

Використання STEM-уроків практикується в освітніх закладах для узагальнення знань із декількох навчальних дисциплін і з метою демонстрації їх взаємодії. STEM-заняття використовують переважно в неформальній освіті, де поєднують знання та навички більшості STEM-дисциплін для отримання результатів переважно практичного характеру (моделей приладів, технічних елементів, пристроїв, готових виробів тощо).

STEM-проект – це групова навчально-пізнавальна, творча або ігрова діяльність учнів, яка має загальну ціль, методи, засоби діяльності передбачає інтеграцію трьох і більше STEM-дисциплін та спрямована на досягнення загального результату.

STEM-курс – це об'єднання декількох STEM-дисциплін в єдину навчальну дисципліну. Прикладом такого курсу може бути предмет «Природознавство», який викладають у закладах середньої освіти та серія інтегрованих курсів для 10–11 класів, які реалізуються в освітньому процесі з 2018–2019 навчального року.

STEM-квест – це командно-пошукова гра, головний принцип якої полягає в покроковому виконанні задалегідь підготовлених логічних завдань зі STEM-дисциплін, що спрямовані на отримання єдиного кінцевого результату.

STEM-хакатон – це спільна діяльність спеціалістів (школярів із різними захопленнями) STEM-напрямів, які працюють над розв'язанням поставленої проблеми або створенням нового продукту (див. рис. 2.1).

## **2.2 Організаційно-педагогічні умови підготовки майбутніх учителів фізики до застосування STEM-технологій**

Щоб забезпечити високий рівень практичного застосування школярами предметного і інтегрованого знання, створити умови для освоєння ними проектних способів вирішення життєвих і технологічних задач засобами математики, інформатики та природничих наук, необхідно забезпечити відповідний рівень підготовки вчителів. Особливий інтерес викликає підготовка майбутніх педагогів за освітніми технологіями, в яких забезпечується STEM-підхід, реалізується міжпредметній зміст, спрямований на практику і проектне навчання школярів [32].

Актуалізується пошук і забезпечення різноманітності теоретичної і емпіричної підготовки вчителів до застосування STEM-технологій, що сприяє їх адаптації та успішної роботі в спеціалізованих класах (міждисциплінарної спрямованості, шкільного інженерно-технічної освіти).

Так чи інакше, діяльність педагога в таких класах спрямована на залучення дітей в інженерну освіту, а її основи давно і активно розробляються як в Україні, так і за кордоном. Зокрема проблема розробки теоретичних основ проектування моделей підготовки педагогічних кадрів, здатних працювати в старших класах закладів середньої освіти, актуальна за кордоном вже понад півстоліття.

Передовим комплексним підходом підготовки вчителя, який дозволяє забезпечити його сучасними технологіями навчання школярів по інженерно-технічним і природничих напрямками, володіє STEM-освіта (Science, technology, engineering, mathematics). Дійсно, для STEM-освіти характерні два

ключові компоненти, що робить його підходом в освіті, а не залишає деяким набором дисциплін. Це, по-перше, інтеграція предметного змісту (природничих наук, інформаційних та інженерних технологій, математики), по-друге, реалізація проектної діяльності, тобто виконання проектів і досліджень є основною формою навчальної діяльності [33, с. 64].

Ці умови вимагають переосмислення основ викладання фізики в школі, акцентуючи увагу на її ролі в природознавстві і сучасних технологіях, актуалізації та розкритті зв'язків з іншими науками на сучасному етапі. Зовсім інший рівень викладання фізики повинен бути забезпечений в технологічному профілі, де має бути розкрито значення фізики для передових технологій, а в природно-науковому профілі, рекомендований предмет природознавство і біофізика, де важливо розкрити сучасні зв'язку фізики і сучасної біології. З'являється особлива роль фізичного знання і фізичного експерименту для індивідуального і командного проектування.

Майже усі дослідники майбутніх учителів фізики щодо застосування STEM-технологій мають позитивні зміни в уявленні педагогів про STEM-освіту. Вчителі України загальноосвітніх установ, як правило, викладають один предмет: математику, інформатику, фізику, біологію, хімію або технологію. Для впровадження STEM-освіти їм часто не вистачає досвіду, інженерних навичок, які пов'язані з тим, що в системі вищої педагогічної освіти робиться акцент на теоретичні предметні знання, а зв'язок навчання з вирішенням практичних завдань залишається слабким. Тому важлива робота у напрямку популяризації STEM-технологій – це організації практик та курсів підвищення кваліфікації педагогів.

Також для повноцінної реалізації педагогічної STEM-освіти необхідна розробка концептуальних основ в системі підготовки кадрів вищої кваліфікації в Україні. Розробка повинна бути здійснена як на рівні бакалаврських, так і на рівні магістерських програм підготовки педагогів. На рівні бакалаврату актуальна розробка основ дисциплін, інтегруючих в теоретичному аспекті змісту наук і освітніх підходів, і забезпечують в

практичному аспекті освоєння технологій різноманітної практичної діяльності зі школярами із застосуванням різного устаткування. На рівні магістерського навчання необхідно забезпечити впровадження програми підготовки випускників вузів як з педагогічною, так і з непедагогічною освітою, широко залучаючи на програми навчання магістратури фахівців з технологічним і інженерною освітою.

У зв'язку з інтеграцією блоку шкільних природничих наук і математики з інженерними і технологічними знаннями метою освіти стає передача знань школярам та їх застосування на практиці для вирішення проєктним способом проблем реального світу. Однак слід враховувати, що сучасне навчання фізики саме по собі включає важливі інтегровані аспекти (міждисциплінарність, практикоорієнтовність, експеримент і та ін.), які підходять для логіки STEM-освіти. У шкільний курс з фізики інтегровані світоглядні і технологічно значущі розділи, такі як астрономія і космос. Теми з цих розділів активно пропонуються школярам для проєктування як в загальній, так і додатковій освіті.

В цьому напрямку з'явилися і інтерактивні інструменти підготовки школярів, а саме інженерно-технічні STEM-ігри [34]. Особливу роль для реалізації STEM-освіти відіграє процес отримання школярами навичок експериментальної та проєктно-дослідницької діяльності при навчанні фізики. Цінність і можливості таких видів діяльності зростають як в основному класно-урочному навчальному процесі, так і в умовах позаурочної діяльності додаткового природно-наукової освіти.

Актуальність розвитку STEM-освіти підкріплюється особливостями самого регіону. Так, наприклад в Україні, Дніпропетровська та Запорізька області мають здебільшого металургійний напрямок розвитку виробництва. Саме тому в 2021 році була створена масштабна лідерська освітня програма для вчителів STEAM-camp, мета якої була покращити якість викладання точних наук у школах, підвищити середній бал ЗНО із математики, фізики та

хімії, а також організувати спільноту прогресивних вчителів сучасного формату.

На учасників очікувалось п'ять тематичних триденних модулів в різних формах навчання для розвитку soft skills, стратегічного та критичного мислення, лідерських якостей за участю найкращих експертів країни у галузях:

- лідерство у навчанні (liberal arts);
- сучасні технології у навчанні (онлайн та офлайн);
- діджиталізація у школі;
- мислення та робота з інформацією;
- ефективна комунікація для вчителя-лідера.

Створення такої програми було здійснено завдяки спільній ініціативі громадських організацій «Запоріжжя. Платформа спільних дій», «Фонд Розвитку Маріуполя», «Криворізька фундація майбутнього» (див.рис.2.2) у партнерстві із Українською Академією Лідерства, за сприяння міських рад та за підтримки Групи Метінвест. Після навчання 900 вчителів STEAM-напрямків із промислових міст України змогли поглянути на систему освіти по-новому. Понад п'ять тисяч українських школярів отримують можливість обрати технічну професію майбутнього і побудувати кар'єру в Україні.



Рисунок 2.2 – Партнери лідерської програми STEAM-camp

Під час навчання вчителі мали можливість під час запланованих екскурсій побачити наживо технологічний процес на сучасних підприємствах м.Запоріжжя, Маріуполя та Кривого Рогу. Працювати в майстернях, таких як Хаб «Платформа спільних дій» та здобути навички в різних видах діджиталізації.

Наведемо ряд STEM-технологій, рекомендованих лідерською програмою STEAM-camp, які можна використовувати під час освітнього процесу:

- Zoom та Google Meet;
- мультфільми на уроках Toontastic 3D [35];
- анімаційні презентації Renderforest [36];
- створення яскравих та цікавих презентацій Power Point, Canva [37], Crello [38];
- інтерактиви на уроках Wheel of Names [39], Eslkidsgames [40], Classroomscrean [41], Wordwall [42];
- квест кімната Leanis [43];
- онлайн-опитники: Ментіметр [44], Kahoot! [45], Quizlet [46];
- платформи для структурування інформації MindMeister [47], Poplet [48], Coggle [49], Tricider [50];
- онлайн-дошки: Ideaboardz [51], Padlet [52], Jamboard [53], Miro [54], IDroo [55], Limnu [56].

При проектуванні навчального плану профілів загальноосвітніх установ необхідно усвідомлювати, що профіль є способом занурення школярів у суспільно-виробничу практику. Поняття профіль виходить за рамки навчального плану, визначеного складу навчальних предметів і освітнього простору школи. З урахуванням цього приблизна основна освітня програма середньої загальної освіти має певний склад профілів технологічний, природничо-науковий, гуманітарний, соціально-економічний і універсальний (4 варіанти). Глибока орієнтація профілів на актуальні сфери професійної діяльності, введення технологічного профілю та виключення зі



складу фізико-математичного профілю задають інші умови за вибором навчальних предметів і курсів за вибором. В одному варіанті універсального профілю фізика присутня, в наступному варіанті проведена заміна сукупності всіх природних наук.

Відповідно до основних положень діалектичного методу, дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності потребує:

- 1) розгляду досліджуваного феномену в аспекті його розвитку;
- 2) вивчення та урахування всіх зв'язків досліджуваного феномену та його взаємодії з іншими складовими системи освіти, насамперед з тими, що впливають на його стан та визначають тенденції його розвитку;
- 3) аналізу процесу поступового розвитку досліджуваного феномену та виявлення моментів переходу кількісних змін у якісні;
- 4) розгляду досліджуваного процесу як процесу саморозвитку, що відбувається за рахунок внутрішніх суперечностей, які і є джерелом його розвитку.

Ефективне дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності також неможливе без дотримання універсальних гносеологічних принципів: розвитку, загального зв'язку, а також діалектичної єдності теорії і практики. Таким чином, на філософському рівні методологія дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності базується на: загальних положеннях теорії пізнання, сучасній формі діалектичного методу та універсальних методологічних принципах (розвитку, загального зв'язку, діалектичної єдності теорії і практики). Загальнонаукова методологія дослідження, виходячи з вимог філософської методології, вирішує загальні для будь-якої наукової дисципліни проблеми, виділяючи при цьому певні основоположні ідеї. Вона

характеризує сукупність методологічних принципів та 179 підходів, які загалом можуть застосовуватися для проведення досліджень, у тому числі й у сфері педагогіки. Насамперед на загальнонауковому рівні методології для дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності доцільно застосовувати такі логічні прийоми пізнання, як: аналіз, синтез, індукція, дедукція, абстрагування, конкретизація, узагальнення, обмеження, аналогія та формалізація. Використання зазначених логічних прийомів сприятиме переходу від уявлення про структуру системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності до уявлення про її організацію. Для належної організації нашого дослідження також необхідно дотримуватися принципів, серед яких найважливішим є принцип об'єктивності, що зумовлює необхідність уникнення суб'єктивізму й упередженості у ході дослідження.

Разом з цим принципом актуалізується потреба й у врахуванні принципу концептуальної єдності дослідження, який передбачає формування авторського бачення сутності досліджуваного феномену, що має характеризуватися єдністю, логікою, несуперечливістю та унікальністю. Також важливими для нашого дослідження є принцип сутнісного аналізу, який декларує вимогу до визначення сутності досліджуваного феномену, деталізації його основних властивостей та структурних компонентів, а також принцип можливості відтворення результатів дослідження, який висуває вимоги до простоти, ясності та прозорості отриманих результатів, що дасть змогу іншим науковцям, у разі потреби відтворити дослідження. Для більш ґрунтовного та різнобічного вивчення досліджуваного феномену на загальнонауковому рівні методології нами обрано системний та синергетичний підходи. 180 Так, використання системного підходу (С. Бобришев, І. Блауберг, Е. Юдін, А. Уйюмов, Д. Чернілевський) [14] передбачає розгляд процесу підготовки майбутніх учителів природничо-

математичних дисциплін до застосування STEM - технологій у професійній діяльності як системи, що зумовлює необхідність [14]:

- 1) визначення сукупності її елементів (підсистем);
- 2) виявлення, класифікацію та впорядкування зв'язків між цими елементами (підсистемами);
- 3) виділення тих зв'язків, що забезпечують її функціонування.

При цьому поняття «система» визначається як множина взаємопов'язаних елементів, що утворюють певну цілісність, властивості якої є інтегративними [25]. Це поняття також розуміють як «сукупність елементів, що перебувають у взаємодії та зв'язках один з одним і створюють відповідну цілісність, організовану для досягнення однієї або кількох поставлених цілей». Розгляд процесу підготовки майбутніх учителів природничоматематичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності як системи, зумовлює необхідність врахування всіх ознак, які притаманні будь-якій системі, а саме: цілісність, структурність, взаємозв'язок із зовнішнім середовищем, ієрархічність, цілеспрямованість, самоорганізація та багатоваріантність опису. З огляду на те, що досліджуваний процес є нелінійною системою, дослідження його структури не може обмежуватись вивченням тільки окремих складових (елементів), необхідно враховувати особливості й загальні закономірності функціонування досліджуваного процесу в цілому.

Таким чином, з позицій системного підходу в контексті нашого дослідження необхідно:

- визначити основні структурні складові (підсистеми) системи підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності та їх елементи;
- окреслити супідрядність, ієрархію, цілісність й взаємодію визначених структурних складових (підсистем);
- визначити особливості її функціонування;
- визначити фактори, що впливають на досліджуваний процес.

Використання синергетичного підходу (В. Кремень, І. Пригожин, І. Стенгерс, Г. Хакен) у дослідженні підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності передбачає розгляд досліджуваного феномену як складної відкритої нестабільної системи, здатної до самоорганізації та саморозвитку. З позицій синергетичного підходу систему підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності слід розглядати як складний процес, що актуалізує потребу в урахуванні його нестійкості (хаотичності), параметрів порядку і підпорядкування. При цьому найвищий рівень хаотичності складного невірноваженого процесу називають точкою біфуркації, вихід з якої можливий тільки за умови введення у систему достатньої кількості енергії та спільної синхронної діяльності більшості його підсистем (компонентів).

Ключового значення в самоорганізації системи набуває поняття порядку, що визначає найважливішими ті підсистеми (компоненти), що зумовлюють дію інших підсистем. Одним із положень цього підходу, яке набуває винятково важливого значення для нашого дослідження, є те, що жодній відкритій системі не можна нав'язувати конкретний шлях розвитку. Проте можна обрати та стимулювати один із варіантів, що можливий у конкретних умовах, при цьому розраховуючи на самокерованість і самоорганізацію процесу, та здійснювати слабкі впливи, що збігаються з обраним варіантом розвитку. У цьому контексті дуже важливим є те, що самоорганізація виникає як результат спільної дії окремих підсистем, що в підсумку веде до саморозвитку – утворення більш складних структур в усій системі. У свою чергу, самоорганізація характеризується зміною якісного стану системи, яка відбувається дискретно (стрибком), а не рівномірно .

Таким чином, використання синергетичного підходу у дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних

дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

- система підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності є відкритою системою, яка має здатність до самоорганізації та саморозвитку;

- досліджуваний процес професійної підготовки можна спрямувати шляхом слабких впливів на підготовку майбутніх учителів природничоматематичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності, але при цьому враховуючи його самокерованість і самоорганізацію;

- кожен майбутній учитель природничо-математичних дисциплін також має здатність до самоорганізації й саморозвитку;

- майбутній учитель природничо-математичних дисциплін;

- складна відкрита система, що саморегулюється.

Рівень конкретно-наукової методології дослідження визначається як сукупність тих підходів, принципів, положень і теорій, які можуть бути застосовані для проведення дослідження в конкретному напрямі (галузі) певної науки.

Відтак, дослідження проблеми підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін до застосування STEM технологій у професійній діяльності на цьому рівні доцільно представити сукупністю підходів, серед яких: особистісно орієнтований, компетентнісний та культурологічний.

Таким чином, використання особистісно орієнтованого підходу в дослідженні проблеми підготовки майбутніх учителів природничоматематичних дисциплін до застосування STEM-технологій у професійній діяльності передбачає врахування таких положень:

- якнайповніше врахувати індивідуальні особливості (творчий потенціал, освітні можливості, здібності) кожного здобувача вищої освіти;

- формувати в майбутніх учителів толерантність та емпатійність як критично важливі риси для майбутньої професійної діяльності;
- забезпечувати мотивацію та самоактуалізацію здобувачів вищої освіти до навчання шляхом деталізації його мети, корегування змісту та використання інтерактивних технологій навчання;
- аудиторні й позааудиторні заняття будувати в контексті здійснення міждисциплінарних зв'язків, активно використовувати в процесі професійної підготовки майбутніх учителів природничо-математичних дисциплін елементи монологу, діалогу та полілогу, а також обмін думками.

### **2.3 Організація проектної діяльності учнів на основі STEM-технологій**

Розвиток інтересу до технічних дисциплін, затвердження прогресивної системи в школах, інститутах та інших спеціалізованих установах дозволить залучити учнів до навчального процесу з більшим інтересом. У процесі навчання на основі STEM-технологій відбувається удосконалення навичок критичного мислення. Учні вчаться долати нестандартні задачі шляхом тестування і проведення різних дослідів. Все це дозволяє їм підготуватися до дорослого життя, де вони можуть зіткнутися з незвичайними, нестандартними проблемами. Відбувається активація комунікативних навичок. Впровадження даної системи в основному включає в себе командну роботу. Адже більшу частину часу діти спільно досліджують і розвивають свої моделі. Вони вчаться будувати діалог з інструкторами (вчителями) і своїми друзями.

STEM-освіта є своєрідним мостом, що з'єднує навчальний процес, кар'єру і подальше професійне зростання. Інноваційна освітня концепція дозволить на професійному рівні підготувати дітей до технічно розвиненому світі.

В чому полягає суть STEM-технологій?

Введення основних компонентів STEM-освіти допомагає створити найкращу середу для виявлення особливо обдарованих дітей в кожній загальноосвітній школі. STEM використовують як нову систему навчання, засновану на інноваційних технологіях 21 століття, основною метою якої є розвиток у дітей мислення нового типу. Це принципово новий підхід, який різко відрізняється від традиційної шкільної моделі навчання і ґрунтується на розвитку творчих та аналітичних навичок.

Навчальний простір STEM надає людям ефективний навчальний інтерактивний підхід спільно з самопідготовкою і умінням працювати в команді. Розглянемо ближче такий навчальний процес: що тут відрізняється від традиційного типу навчання і як розвивають дитяче мислення.

Наприклад, у початковій школі дається тема «Навколишнє середовище». Спочатку діти дивляться короткий документальний фільм, грають в ігри або роблять спеціальні завдання з викладачем. У них з'являється уявлення про різні живі істоти і природні зони, разом вони малюють їх або роблять вироби на цю тему, таким чином діти отримують знання дослідним шляхом. Потім вони вивчають кожну тему окремо: малюки дивляться відео, слухають аудіо-записи, переглядають потрібні сайти в інтернеті, це час для самопідготовки. Потім дітей тестують, щоб визначити, наскільки добре вони розібралися в цій темі, і вже після цього учні самі роблять аудіо- або відео-матеріали або пишуть в свій власний блог на тему навколишнього середовища. Цей етап називається створенням сенсу. І фінальний крок, весь клас разом знімає 10 хвилинне відео по темі змін у навколишньому середовищі, а саме: як зменшити викиди вуглекислого газу. На даному етапі всі діти показують свої знання з теми (все те, чого вони навчилися).

Звичайно ж, ми бачимо, що STEM-підхід значно відрізняється від традиційного:

- діти приділяють більше часу самопідготовці, вчать знаходити проблеми і вирішувати їх самостійно;
- діти діляться між собою своїм вдалим і невдалим навчальним досвідом, працюють разом над проектами або вирішенням певних проблем;
- однокласники допомагають і підтримують один одного, вирішуючи навчальні завдання за допомогою нових навичок і знань.

У кінцевому підсумку STEM-підхід перш за все спрямований на розвиток навичок навчання, а не зазубрювання матеріалу, даного викладачем. В основі нього лежать: здатність до створення нових ідей, навички самопідготовки, спільна робота, постійне виправлення помилок і рішення навчальних задач.

Основна ідея STEM-підходу така: практика так само важлива, як і теоретичні знання. Тобто, навчаючись, ми повинні працювати не тільки мізками, а й руками. Навчання лише в стінах класу не встигає за стрімко мінливим світом. Основною відмінністю STEM-підходу є те, що тут діти використовують і свої мізки, і свої руки для успішного вивчення безлічі предметів. Знання, які вони отримують, вони «добувають» самостійно.

STEM-підхід – це не тільки метод навчання, а й спосіб мислення. В освітньому середовищі STEAM діти отримують знання і відразу ж вчать їх використовувати. Тому, коли вони виростають і стикаються з життєвими проблемами в реальному світі, будь то забруднення навколишнього середовища або глобальні зміни клімату, вони розуміють, що вирішити такі складні питання можна тільки спираючись на знання з різних областей і працюючи всім разом. Покладатися на знання тільки по одному предмету тут недостатньо.

STEM-підхід змінює наш погляд на навчання і освіту. Роблячи акцент на практичних здібностях, школярі розвивають свою силу волі, творчий потенціал, гнучкість і вчать співпраці з іншими. Ці навички і знання і складають основну навчальну задачу, тобто те, до чого прагне вся ця система освіти.



Важливою особливістю роботи за даною технологією є саме колективна робота над проектом. STEM дозволяє задіяти праву півкулю мозку, що відповідає за творчість, емоції, почуття. Існує безліч прикладів вдалих проектних робіт за даною технологією.

Яким буде процес навчання через рік, п'ять чи навіть десять років? Коли тренди в освіті динамічно змінюються під впливом багатьох чинників. І як би не були успішні традиційні методи викладання, сучасна реальність вимагає пошуку нових і ефективних форм навчання.

Чому і як вчити сьогодні, щоб наші діти були успішними завтра – це головна ідеологія сучасної освіти. Прищепити навички самостійного навчання протягом усього життя, навчити взаємодії на різних рівнях, розвивати самостійне і критичне мислення – ці та багато інших принципи складають стратегію розвитку сучасних освітніх технологій.

Якщо ми готуємо наших учнів до життя після школи, то ми повинні дозволити їм використовувати ті інструменти, які в подальшому все одно стануть частиною їх повсякденного життя.

При організації роботи з використанням STEM-технологій, необхідно враховувати основні педагогічні принципи:

- інтегративності, що передбачає взаємозв'язок всіх компонентів процесу навчання, що визначає цілепокладання, зміст навчання, його форми і методи;

- свідомості і активності, що передбачає вироблення глибоких і осмислених знань, на основі власної пізнавальної активності дитини, що забезпечує визначення логічних зв'язків між відомим і невідомим, розуміння причинно-наслідкових зв'язків між предметами і явищами, що враховує індивідуальні інтересиобучаючогося;

- наочності навчання, що забезпечує наочну ілюстрацію інформації, що містить строго зафіксовані наукові закономірності;

- системності, що забезпечує взаємозв'язок змісту і форм виховання учнів в залежності від їх віку;

- доступності і послідовності, що забезпечує єдність взаємозв'язку навчання і виховання дитини;
- природосообразности, що забезпечує виховання та навчання дитини відповідно до законів його фізичного і духовного розвитку;
- співпраці єдність взаємодії сім'ї і установи освіти у вихованні та освіті дитини.

У ході роботи над проектом діти навчаються взаємодіють, приймають рішення, використовують різні інструменти оцінювання, тобто опановують універсальними навчальними діями. Тут не вчителі показують, що вони знають і вміють, як вони працюють, а самі учні.

Зрозуміло, що проводити кожен урок, ґрунтуючись на інтеграції і на проектному навчанні навряд чи представляється можливим, тому що такі уроки складно вмістити в стандартні 40-45 хвилин, часом в школах просто відсутнє обладнання, яке потрібно б використовувати при реалізації якогось проекту. Тому тут виникає необхідність співпраці між учителем і педагогом додаткової освіти для того, щоб освіта була забезпечено якісно і повноцінно. Але важливою умовою при цьому є узгодженість програм навчання педагогів додаткової освіти зі змістом навчальних предметів, які в більшій мірі могли бути пов'язані з утриманням його додаткової освітньою програмою. Таким чином з'являється можливість для виходу за рамки уроку для розширення навчального матеріалу. Переваги загального та додаткової освіти очевидні. Додаткова освіта забезпечує посилення варіативної складової загальної освіти і сприяє реалізації знань учнів. Отриманих в школі під час уроків. Крім того, основний зміст додаткової освіти як правило, практико-орієнтоване. Тобто тут дитина самостійно шукає способи вирішення практичних завдань, отримує знання під час досліджень і спостережень за об'єктами, явищами природи. Така освіта, звичайно. Може бути тільки творчим, що створює умови для пошуку дитиною власні шляхи розвитку відповідно до того, що йому цікаво.

Крім зв'язку предметів з реальним життям, цей підхід відкриває можливість для творчості учня. При такому підході проектна діяльність молодших школярів ставить ряд завдань, які необхідно вирішити. Єдино вірного рішення немає, учневі дається повна свобода творчості. За допомогою подібних завдань дитина не просто генерує цікаві ідеї, але і відразу втілює їх у життя. Таким чином, він вчиться планувати свою діяльність, виходячи з поставленого завдання і наявних ресурсів, що обов'язково стане в нагоді йому в реальному житті.

Також одним з основних постулатів STEM-освіти є парне навчання в невеликих групах. Так, наприклад, на заняттях з робототехніки двоє учнів працюють за одним комп'ютером і збирають один конструктор. Це зроблено зовсім не для економії навчальних матеріалів. Такий підхід передбачає навчання дітей співпраці, допомагаючи дітям вчитися працювати в команді, розвивати навички спілкування, роботи в групі.

У багатьох країнах STEM-освіту застосовують в пріоритеті з наступних причин:

- у найближчому майбутньому прогнозується, що в світі буде різко не вистачати: ІТ-фахівців, програмістів, інженерів, фахівців високотехнологічних виробництв [57];

- у віддаленому майбутньому з'являться професії, які зараз навіть уявити важко, всі вони будуть пов'язані з технологією і високо технологічним виробництвом на стику з природничими науками. Особливо будуть затребувані фахівці біо- і нанотехнологій;

Фахівцям майбутнього знадобиться всебічна підготовка і нові знання з різноманітних освітніх галузей та природних наук, інженерії та технології. В даний момент в Україні, як результат переходу до нової ери технологій, спостерігається ефективно впровадження в роботу установ освіти сучасного цифрового навчального обладнання і цифрових освітніх ресурсів нового покоління.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОЇ МЕТОДИЧНОЇ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

#### 3.1 Організація педагогічного експерименту з перевірки ефективної методичної системи застосування STEM-технологій

З метою дослідження готовності вчителів фізики до реалізації STEM-освіти було проведено анкетування вчителів фізики 36 загальноосвітніх середніх установ м. Кам'янського Дніпропетровської області, кластеризація обмежених і специфічних відповідей респондентів, узагальнення результатів. Опитування відбувалося через дві мережі спільнот вчителів фізики м. Кам'янського: viber та classroom.

Результати та обговорення.

Перше питання анкети було таке: «Чи знайомі Ви з поняттям STEM-технології? ».

На нього отримані відповіді (див.табл.3.1):

- ні – 3 (7,7%);
- маю загальні уявлення – 16 (41%);
- маю уявлення, відвідував спеціальні семінари з STEM - освіти - 9 (23,1%);
- да, я знаю про STEM - технології, застосовую їх, реалізую в навчанні дітей – 11 (28,2%).

Відповіді показують, що значна частина вчителів (48,7%) або не знають нічого, або мають загальне уявлення про STEM - технології та STEM - освіту взагалі.

У наступному питанні вивчалася готовність вчителів застосовувати STEM-технології, якщо такі в школі відсутні. Було поставлено питання: «Якщо у вас не реалізуються STEM-технології, хотіли б Ви проводити таке

навчання для ваших школярів?». Респондентам пропонувалося відповісти «так», «не знаю», «ні» у двох варіантах: на своїх уроках та в рамках окремого курсу. Розподіл відповідей педагогів представлено на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз показників вчителів м.Кам'янського з питання «Чи знайомі Ви з поняттям STEM-технології? ».

Кількість вчителів фізики	Кількість опитуваних вчителів фізики:	Чи знайомі ви з поняттям STEM-технології?			
		ні	маю загальні уявлення	маю уявлення, відвідував спеціальні семінари, пов'язані з поняттям STEM-технології	да, я знаю про STEM-технології, застосовую їх, реалізую в навчанні дітей
50	39	3	16	9	11
	%	7,7	41,0	23,1	28,2

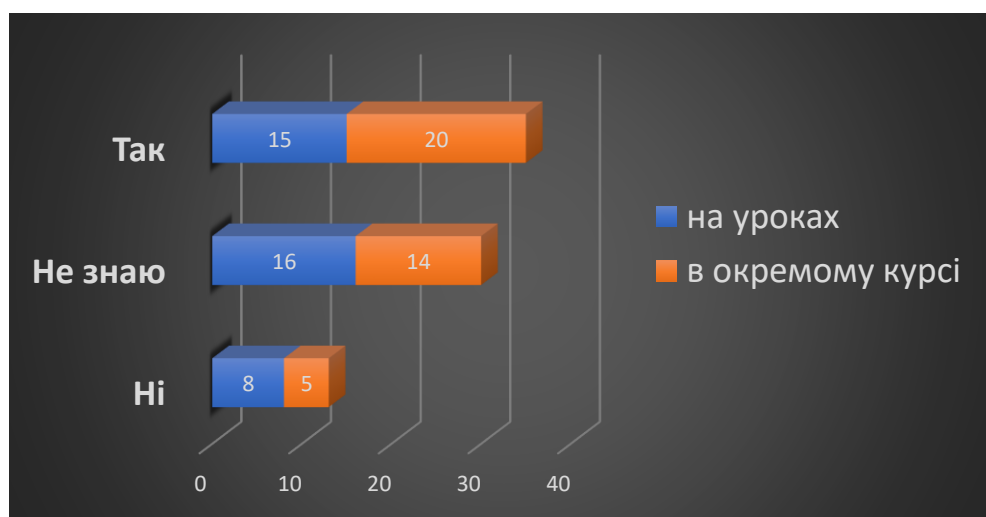


Рисунок 3.1 – Готовність вчителів фізики м. Кам'янського застосовувати STEM-технології

Таким чином, можна стверджувати, що готовність опитуваних педагогів застосовувати STEM-технології на уроках зі своїми учнями досить добре виражена (за сукупністю позитивних відповідей в двох варіантах). Але при цьому в позитивних відповідях перевагу віддається варіанту занять в окремому курсі (20 проти 15).

Наступним було питання «Чи реалізуються STEM-технології в Вашій школі?». Було встановлено, що 39 опитуваних вчителів фізики з 50, тобто трохи більше половини задіяних в опитуванні організацій, займаються реалізацією таких технологій. При цьому 3 вчителів фізики з опитуваних, що складає 8% вказали, що вони не беруть участь в реалізації таких технологій (див.рис. 3.2).

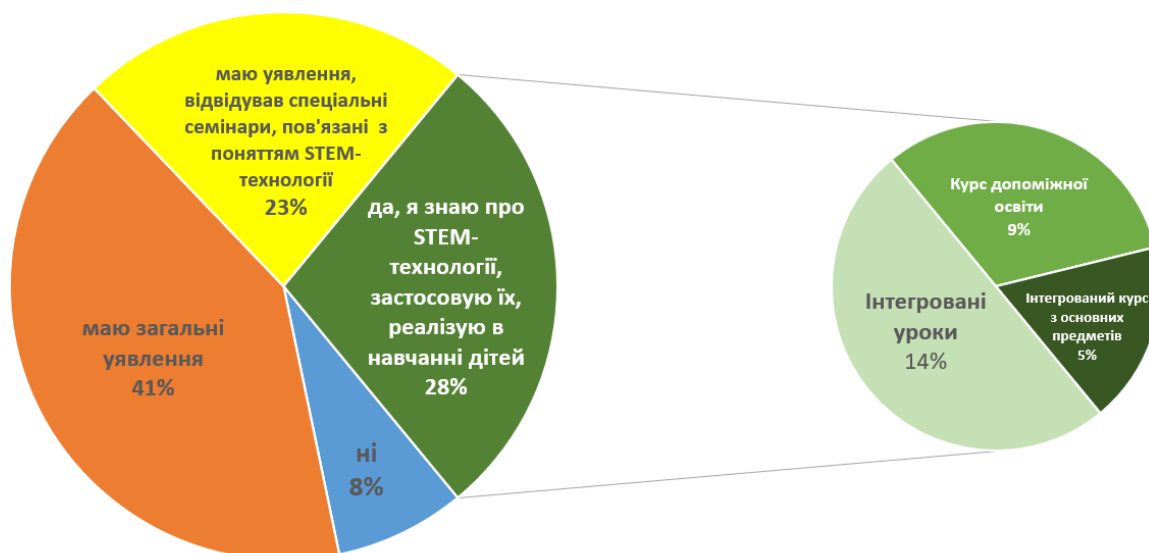


Рисунок 3.2 – Розподіл відповідей вчителів з питання «Реалізація STEM-технологій у школі»

Решта 11 педагогів (28%) відповіли про реалізацію безпосередньо ними STEM-технологій у школі. Їх відповіді щодо способів реалізації (див. виноску на діаграмі) розподілилися наступним чином, 6 вчителів (14%) - проводять інтегровані уроки, 2 вчителів (5%) – проводять інтегрований курс з основних предметів (наприклад, фізика, математика, технологія), 4 вчителів

(9%) - проводять курс додаткової освіти (наприклад, курс шкільного інженерної освіти; курс занять на 3д-принтері; біофізики і т. п.)

На основі проведеного аналізу літератури та емпіричного дослідження можна зробити три висновки.

1. В даний час відбувається трансформація шкільної профільної освіти в бік інтеграції природничо-наукових знань, реалізації актуальних міжпредметних знань, отримання основ інженерно-технічної підготовки, практикоорієнтованного і проектного навчання.

2. Для ефективного впровадження в шкільне життя STEM-технологій потрібна розробка нової системи роботи з педагогічними кадрами.

3. На регіональному рівні відбувається поширення різноманітних варіацій STEM-технологій. Вчителі фізики висловлюють готовність займатися STEM-освітою та застосовувати STEM-технології зі своїми учнями, віддаючи при цьому перевагу варіанту реалізації занять STEM-підготовки школярів в окремому курсі, при збереженні курсу фізики.

### **3.2 Результат педагогічного експерименту**

Стрімкий розвиток ІТ-галузі, робототехніки, нанотехнологій виявляє потребу у досвідчених фахівцях, а отже, виникає гостра освітня потреба у якісному навчанні учнів природничим та технічним дисциплінам – математиці, фізиці, хімії, інженерії, програмуванню. Освіта має відповідати сучасним тенденціям розвитку суспільства і сприяти підвищенню конкурентоспроможності національної науки. Як зазначалося вище одним із напрямів інноваційного розвитку природничо-математичної освіти є система навчання STEM, завдяки якій учні розвивають логічне мислення, наукову та технічну грамотність, вчаться розв'язувати поставлені задачі, стають новаторами, винахідниками [30].

У STEM-освіті активно розвивається креативний напрямок, що включає творчі та художні дисципліни (промисловий дизайн, архітектура та індустріальна естетика) [58]. Саме тому одним із прикладів STEM-проектів з застосуванням різних видів STEM-технологій пропонується розглянути реалізацію моделі «Розумний будинок». Для перевірки ефективної методичної системи застосування STEM-технології було організовано дітей в групи: від 4 до 6, кожна з яких обмірковує своє бачення можливостей «Розумного будинку»: забезпечення живлення моделі будинку за допомогою сонячних батарей, настройка датчиків руху, датчиків CO<sub>2</sub>, вологості і температури повітря, автоматичного закриття і відкриття дверей і вікон, автоматичного освітлення і сигналізації. До групи залучилось 4 учня 11-го класу та два учні 9-х класів.

Перерахуємо дисципліни, що б'єднують даний проєкт: інформатика, інженерія, математика, фізика, хімія, архітектурний дизайн, трудове навчання (технології).

Мета проєкту: розробити модель розумного будинку майбутнього, живлення якого здійснюється з використанням відновлюваних джерел спроектувати та створити «Міні розумний будинок» [59]. Термін виконання проєкту планувався: 6-9 місяців.

Предметом дослідження була освітня модель розумного будинку та її реалізація у формі Міні Розумного Будинку.

На уроках трудового навчання (технології) група самостійно розробляла проєкт будинку майбутнього: дизайн, кількість поверхів, наявність тераси, допоміжних будівель. Досліди з датчиками для їх правильного налаштування проводилися на уроках фізики та хімії. Точність архітектурних розрахунків перевірялася на уроках математики. Програмування «Розумного будинку» відбувалось відповідно на уроках інформатики. Дослідження включало ескіз, виготовлення деталей конструкції, датчик збірки та плати Arduino, програмування в середовищі Arduino IDE, математичний аналіз, тестування функціонування системи.



Реалізація проєкту: для реалізації проєкту перш за все, діти мали ескіз будинку на папері. Тоді, згідно з ескізом, відбувалося креслення налюбій зручній програмі креслення, в нашому випадку була взята програма CorelDraw (приклад рисунку будинку був взятий з інтернету, рисунок 3.3).

Після завершення детального креслення макета учні вибрали матеріал для його будівництва. Для виготовлення моделі підходило багато різних матеріалів будинку, найбільш доцільно можна було використовувати пінопласт, дерево або твердий картон. В нашому випадку діти обрали твердий картон, що є найбільш слушним матеріалом для маленького Розумного Будинку як прототип. Він легко обробляється, та піддається легкому розрізанню на створення стін. Підготовлені креслення дали змогу вирізати деталі та створити стіни будинку та всі конструктивні елементи.

Враховуючи, що розумний дім характеризується також і економічними показниками, дітям пропонувалося також дослідити та застосувати певні умови економії ресурсів і для свого будинку. На цьому етапі відбувався аналіз економії ресурсів, а саме: електрики, води, гаузу, вивозу сміття.

Впровадження таких проєктів в навчальний процес дало змогу набути навичок моделювання відповідних процесів та впровадити подібні технології в реальне життя. Учні вивчили самостійно створену систему, яка забезпечує безпеку, комфорт, економію та ефективність управління власним будинком, масштабується та налаштовується, забезпечуючи ефективність управління технологіями розумного будинку.



Рисунок 3.3 – Вигляд прототипу «Міні розумний будинок»

Для реалізації STEM-проектів переважна більшість дітей повинна бути обдарованими та мати високий рівень знань з предметів природничих наук.

На заняттях з фізики була підтримана учніми пропозиція, як альтернатива STEM-проекту, практично використовувати задачі, тобто на конкретному уроці застосовувати або подавати їх у формі кейс-метода [60]. Це ще одна термінологія у сучасному освітньому процесі.

Кейс-метод (англ. *Case method*, метод кейсів, метод конкретних ситуацій, метод ситуаційного аналізу) – техніка навчання, що використовує опис реальних економічних, соціальних і бізнес-ситуацій. Учні при розгляданні кейс-методу повинні досліджувати ситуацію, розібратися в суті проблем, запропонувати можливі рішення і вибрати найкраще з них. Кейси ґрунтуються на реальному фактичному матеріалі або ж наближені до реальної ситуації.

Нижче наведемо приклад ситуації кейс-методу, які використовувалися на уроках фізики:

«В кабінеті начальника потрібно замінити електричну проводку за наступною схемою (схема додається). Головна мета при збиранні такої схеми: світло у начальника повинно працювати, але в цей час не горіти (на вулиці день, а в кабінеті існує природне освітлення). Від минулої бригади нічної зміни залишилось деяке обладнання, за допомогою якого треба замінити проводку (зібравши схему). З'єднувальні проводи учень може намалювати за допомогою товстого синього маркера інтерактивної дошки.»

Робота учня в цій ситуації: дитина повинна уявити себе цим електриком та самостійно вибрати потрібні інструменти з представлених на дошці. В такій ситуації підійти до дошки, вибрати з малюнків потрібні йому зображення та скласти цю схему.

Потім підняти шторку (на інтерактивній дошці) або звернутися до класу та порівняти свою схему з правильним рішенням (рисунок 3.4).

Висновок застосування методу: під час виконання такого завдання дитина проявляє зацікавленість, концентрує увагу, пригадує матеріал

минулих тем, отримує задоволення при виконанні роботи (задачі), проявляє бажання навчатися.

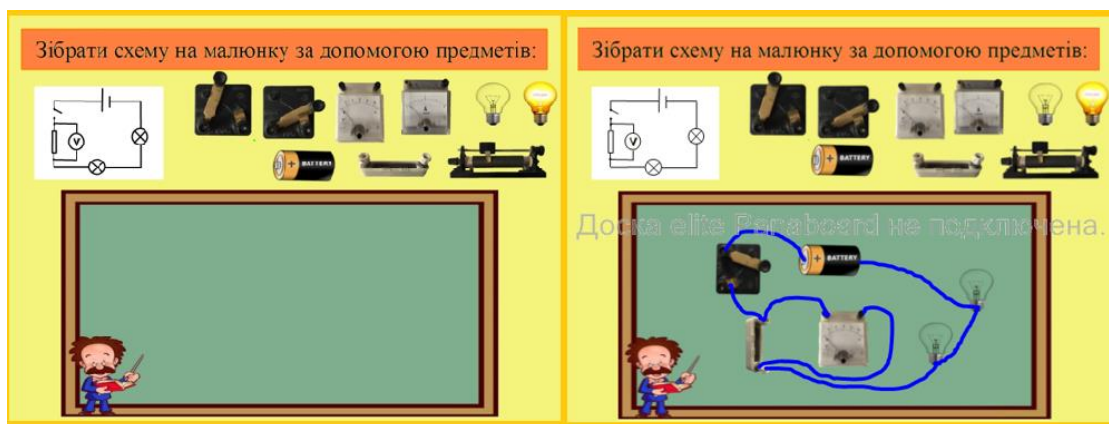


Рисунок 3.4 – Приклад виконання метод-кейсів на уроках фізики біля дошки до (зліва) та після (справа) виконання завдання

Звичайно в умовах школи не завжди є конкретні STEM-лабораторії. Щоб виконати проєкт потрібно мати спеціальне обладнання. Але простори інтернету в сьогоденні мають безмежну кількість різновидів створення STEM-проєктів в умовах віртуальних лабораторій для навчання. Кожен вчитель може сам вибрати собі тематику, можливість застосування саме для його викладання дисципліни.

Наведемо далі декілька інтернет-ресурсів та STEM - технологій, які використовувалися під час педагогічного експерименту.

1. Збірник відеозадач «Фізика навколо нас» – платформа, що поєднує в собі задачі з шести різних тем, пов'язаних з фізичними явищами та законами: «Військова справа», «Побут», «Пожежна справа», «Фізика в живій природі», «Фізика в неживій природі», «Різне» і є матеріалом для створення проблемних ситуацій на уроках шляхом аналізу конструкцій побутових приладів, військової та пожежної техніки й спорядження, виявленню законів фізики, на яких ґрунтується принцип їх дії. Також, для зручності застосування в розділах тем описані відповіді на кожну задачу.

2. Платформа [learningapps.org](http://learningapps.org) – сервіс для підтримки процесів навчання та викладання за допомогою невеликих інтерактивних модулів, що можуть використовуватись безпосередньо як навчальні ресурси або для самостійної роботи [61].

3. Навчальний ресурс [Wordwall](http://Wordwall) – це система, яка охоплює різноманітні інтерактивні ігри, завдяки яким учень може грати самостійно або з певною парою учнів [62].

4. Навчальний ресурс [Rebus1.com](http://Rebus1.com) – це платформа, де можна легко та цікаво створити ребус за лічені секунди. Ребус – загадка, у якій слово або фраза зображені у вигляді малюнків, поєднаних з літерами, цифрами, нотами та іншими знаками.

5. Ресурс [jigsawplanet](http://jigsawplanet) для створення пазл– це унікальна можливість скласти різні види пазлів за певними видами складності та характеристикою.

Розробка пазлів з дисципліни «фізика» показана на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Створення пазл на ресурсі [jigsawplanet](http://jigsawplanet)

Наступним педагогічним експериментом було створення та реалізація на власних уроках лабораторних робіт з застосуванням STEM-технологій під час дистанційного навчання з розділу «Світлові явища» для учнів 9-х класів закладів середньої освіти. Один такий приклад роздаткового матеріалу під час дистанційних лабораторних уроків наведено у додатку А.

Педагогічний експеримент проводився в двох паралелях 9-А та 9-Б Гімназії №28 м.Кам'янського, які мали приблизну загальну успішність та якість навчання з дисципліни фізика.

Викладання розділу «Світлові явища», який складається з лекційних занять, розв'язуванні задач та лабораторних робіт, здійснювалось під час дистанційного навчання. Перша група з паралелі (9-А клас) була експериментальна. Друга група (9-Б) – контрольна.

На етапі педагогічного експерименту обидві групи працювали в синхронному та асинхронному режимі, відбувалися однакові лекційні заняття за підручником В. Г. Бар'яхтар [63], який має інтернет підтримку через посилання на сайт «Інтерактивне навчання» [64] або через QR-код, представлений у підручнику на першій сторінці. Відмінністю в двох групах було виконання учнями лабораторних робіт. Контрольна група оформлювала дистанційні лабораторні роботи, застосовуючи інтернет підтримку підручника, а саме відеоуроків, на яких вони повинні були самостійно фіксувати та обробляти параметри, представлені під час відеосюжетів. Експериментальна група виконувала лабораторні роботи, застосовуючи STEM-технології інтерактивних симуляцій Phet лабораторії [65].

Результати педагогічного експерименту були проведені через аналіз рівня досягнень учнів виконання контрольної роботи з теми «Світлові явища», які представлені в таблицях 3.2 та рисунках 3.6, 3.7.

Таблиця 3.2 – Рівень підготовки учнів з теми «Світлові явища» в окремих групах

Рівні навчальних досягнень	Бали / %	Експериментальна група (9-А клас), 28 учнів	Контрольна група (9-Б клас), 28 учнів
Початковий	1-3	3	6
Середній	4-6	10	14
Достатній	7-9	10	6
Високий	10-12	5	2
Успішність	%	89	79
Якість	%	54	29

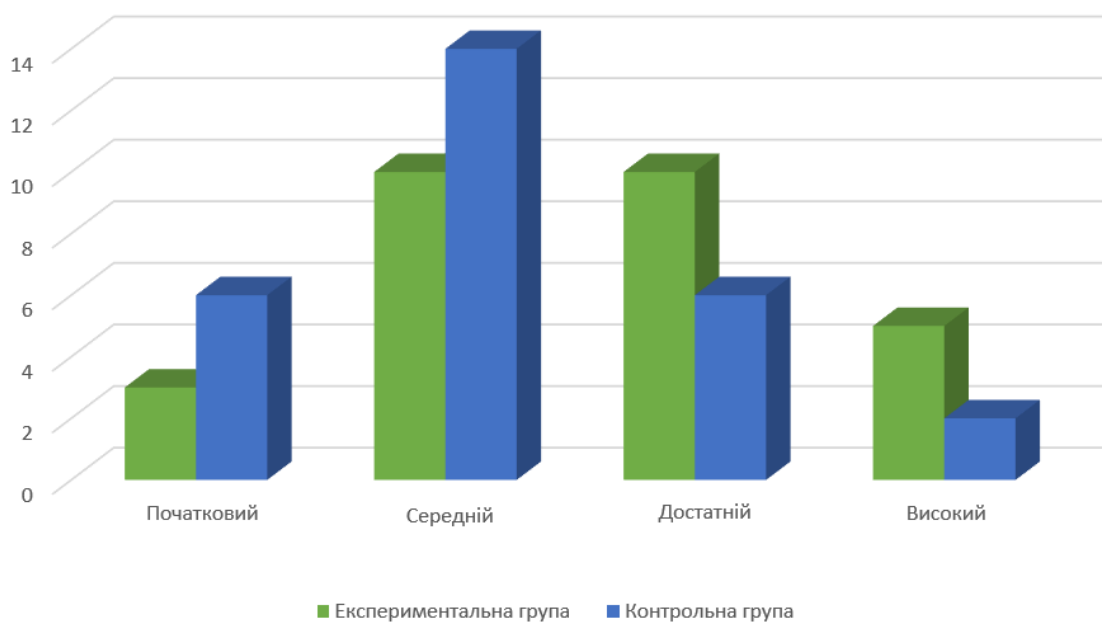


Рисунок 3.6 – Результати рівня навчальних досягнень контрольної роботи груп з теми «Світлові явища»

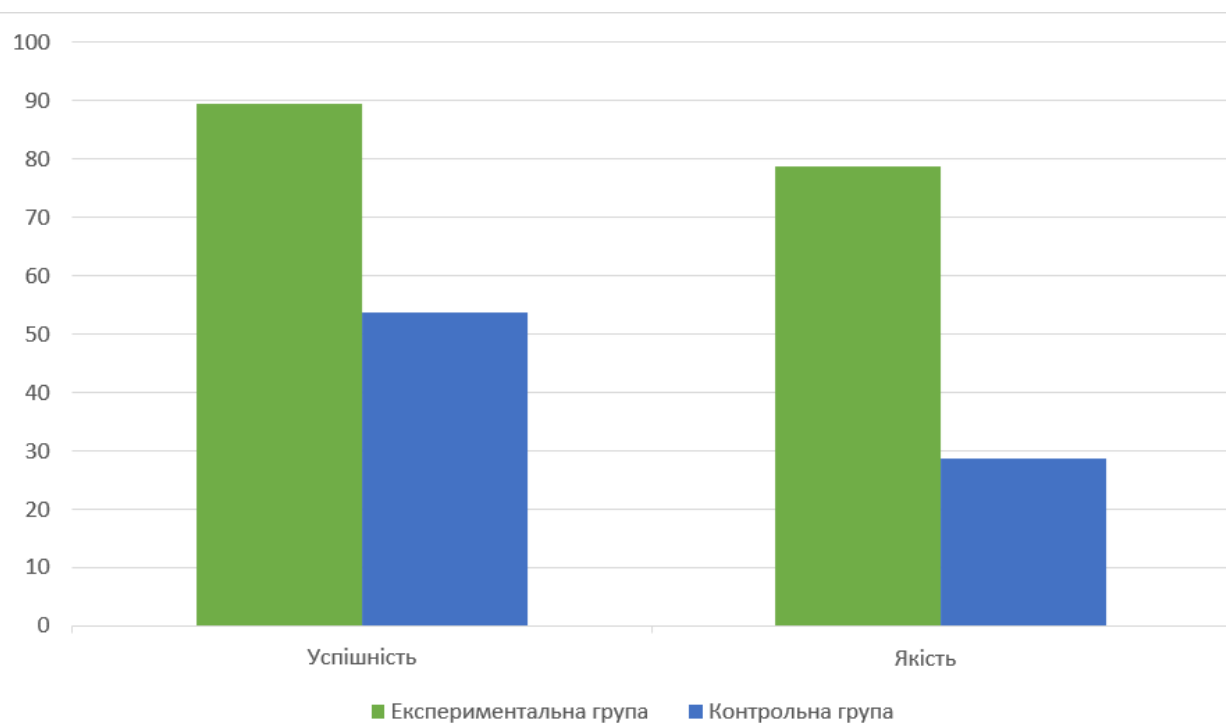


Рисунок 3.7 – Результати успішності та якості контрольної роботи груп з теми «Світлові явища»

## ВИСНОВКИ

Наше життя і його якість швидко змінюються завдяки стрімкому розвитку науки і високих технологій. Кожен день приносить в наше життя якісь нововведення. Вони носять різний характер. Одне з таких нововведень – це STEM [66].

У результаті проведеного дослідження було зроблено залучення учнів старших класів закладів середньої освіти до створення STEM-проектів з застосуванням STEM-технологій, що проявило зацікавленість та інтерес до природничо-математичних дисциплін. Кожна дитина, яка була залучена до STEM-проектів не тільки вирішувала поставлені завдання, а й одночасно проходила курс навчання з певних дисциплін. Навчання відбувалося не тільки завдяки підручникам та відеолекціям, до яких звикло теперішнє покоління (на сьогодні учень швидше перегляне відеосюжет з теми певної дисципліни, ніж перегорне сторінки підручника), а й завдяки самостійному аналізу, міркуванню та розробці за для отримання бажаного результату. Учень, залучений до STEM-навчання отримав не тільки знання та вміння, а ще й професійний досвід, який він запам'ятав краще та швидше.

Для досягнення поставленої задачі в роботі було проведено анкетування вчителів фізики 36 загальноосвітніх середніх установ м. Кам'янського Дніпропетровської області, кластеризація обмежених і специфічних відповідей респондентів, узагальнення результатів щодо застосування ними STEM-технологій на уроках фізики. В результаті було виявлено, що 28% з опитуваних педагогів реалізують безпосередньо ними STEM-технологій у школі, з них 6 вчителів (14%) – проводять інтегровані уроки, 2 вчителі (5%) – проводять інтегрований курс з основних предметів, 4 вчителі (9%) – проводять курс додаткової освіти.

Педагогічний експеримент двох груп (експериментальної та контрольної) показав, що застосування на заняттях з фізики STEM-технологій, особливо під час дистанційного навчання, покращує успішність та якість навчання.

Тобто, аналізуючи результати даної кваліфікаційної роботи, найкращий спосіб формування професійних компетенцій на сьогодні можна вважати практичну діяльність з реалізацією STEM-проектів. Саме у практичній роботі учнів з використанням STEM-технологій сформувалися професійні компетенції майбутніх та справжніх спеціалістів.

Отже, впровадження та застосування STEM-технологій в навчальний процес на уроках фізики в старших класах закладів середньої освіти створює важливу умову для підвищення якості навчання учнів та розвитку компетентності самих вчителів.

Стрімка еволюція технологій веде до того, що в недалекому майбутньому з'являться професії, про які зараз навіть уявити важко, і всі вони будуть пов'язані з технологією і високо технологічним виробництвом на стику з природничими науками. Особливо популярними будуть фахівці біо- та нано-технологій [67].

Таким чином, викладач (вчитель) має можливість отримати ефективний інструмент педагогічної праці, що формує його високі професійні якості. Відповідним чином STEM-освіта дозволяє стимулювати учня на мислення та візуальну уяву, збагачувати його багаж знань, дозволяють дитині швидше розуміти та запам'ятовувати принципи або постулати на уроках. Завдяки такому практичному підходу до предмета в учня проявляється позитивне ставлення до навчання. Дітям вчитись стає по справжньому цікаво. Як показує досвід, після участі в STEM-проектах учні ще довго обговорюють між собою набуті знання. Своєю чергою STEAM-освіта розвиває одночасно й самого вчителя не тільки як знавця свого предмета, а і як STEAM-науковця, STEAM-спеціаліста.



## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Іванюк Т.Г. STEM як освітній ресурс XXI століття // *STEM-освіта та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес: збірник матеріалів I регіональної науково-практичної веб-конференції* Тернопіль, 24 травня 2017 р.
2. Бургун І. В. Розвиток навчально-пізнавальних компетенцій учнів основної школи в навчанні фізики: монографія. 2014. 528 с.
3. Данчук І. А. Застосування STEM-технологій у процесі навчання фізики в старших класах закладів середньої освіти // *Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2021», III том, 2021, с. 60.* URL: [http://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc/2021/tom\\_3.pdf](http://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc/2021/tom_3.pdf) (дата звернення: 30.11.2021).
4. EDU\_FEST-Dnipro-2021. Номінація «Від STEM-освіти до STEM-кар'єри // *Фестиваль педагогічних інноваційних освітян.* URL: <https://drive.google.com/drive/folders/1BhBlbJATxkfmAx-uu0TWVdJIsSDzNf9t>
5. Практичні STEAM-кейси з інструментами Edpro URL: <http://c.edpro.ua/m29k214-3-122ab.pdf> (дата звернення 30.11.2021).
6. Web - STEM - школа - 2020 // *Український проєкт «Якість освіти»* URL: <http://yakistosviti.com.ua/uk/testuvannia-sertifikat> (дата звернення 30.11.2021).
7. Web-STEM-школа-2021 // *Український проєкт «Якість освіти».* URL: [http://yakistosviti.com.ua/userfiles/pdf/Rezultaty\\_test\\_2021lito.pdf](http://yakistosviti.com.ua/userfiles/pdf/Rezultaty_test_2021lito.pdf)). (дата звернення 30.11.2021).
8. STEM-освіта. Інститут модернізації змісту освіти. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/> (дата звернення 30.11.2021).
9. Розпорядження про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027

року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-planu-zahodiv-sh-a131r> (дата звернення 30.11.2021).

10. План заходів щодо реалізації концепції розвитку STEM-освіти до 2027 року. URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/oprilyudneno-plan-zahodiv-shodo-realizaciyi-koncepciyi-rozvitku-stem-osviti-do-2027-roku> (дата звернення 30.11.2021).

11. Universal Journal of Educational Research 6(11): 2404-2412, 2018 <http://www.hrpub.org> DOI: 10.13189/ujer.2018.061102 STEM Education Research: Content Analysis Devkan Kaleci, Özge Korkmaz Department of Computer and Instruction Technology, Faculty of Education, İnönü University, Turkey

12. Поліхун Н І, Постова К. Г., Сліпучіна І. А., Г. В., Онопченко О. В. // Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с

13. Словари и инциклопедии на академике. URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/4842> (дата звернення 30.11.2021).

14. Байкатова К. И. STEM-образование в современной школе: необходимость и преимущества. URL: <https://zkoipk.kz/ru/nconf2018/3-section/4064-stem-.html> (дата звернення 30.11.2021).

15. Проект концепції STEM - освіти в Україні. URL: [http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM\\_2017.pdf](http://mk-kor.at.ua/STEM/STEM_2017.pdf) (дата звернення 30.11.2021).

16. STEM в США: образование, необходимое в эпоху Цифровой Индустрии. URL: <https://education.forbes.ru/authors/stem-in-usa> (дата звернення 30.11.2021).

17. Бойчук О. Ю. STREAM – освіта як ефективний спосіб формування професійної комунікативної компетентності майбутнього кваліфікованого робітника в закладі професійної (професійно-технічної) освіти. Вінниця, Україна 2019р.

18. Глобализация образования: Компетенции и системы кредитов / авт. кол. : А. А. Егоров и др. Маркет ДС Корпорейшн, 2005. 490 с.

19. Ковалів Ю. І. Літературознавча енциклопедія у 2 т. / Київ : ВЦ «Академія», 2007. 510 с.
20. Ожегов С. І. Тлумачний словник. URL: <http://cyberlan.com.ua/wp-content/uploads/2015/07/Tolkovij-slovarj-russkogo-yazika.pdf> (дата звернення 30.11.2021).
21. Всеукраїнський портал з підготовки ЗНО URL:<https://znoclub.com/dovidnik-zno/227-v-yakikh-spetsialistakh-zatsikavleni-robotodavtsi.html> (дата звернення 30.11.2021).
22. Шишов С. Е., Кальней В. А. Школа: мониторинг качества образования / М.: Педагогическое общество России, 2000. 316 с
23. Хуторской А. В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированной парадигмы образования Ученик в общеобразовательной школе. /М.: ИОСО РАО, 2002, с. 135–157
24. Авдеева Н. В. Методические аспекты формирования общекультурных компетенци у бакалавров безопасности жизнедеятельности // Молодой ученый. 2012. №10. с. 306-308.
25. Мельник Ю С., Сіпій В. В. Формування предметної компетентності старшокласників у процесі навчання фізики. К:ТОВ « КОНВІ ПРІНТ», 2018. 136 с.
26. Наука. Большой энциклопедический словарь. URL: <http://onlinedics.ru/slovar/bes/n/nauka.html> (дата звернення 30.11.2021).
27. Мухина Т. Г. Активные и интерактивные образовательные технологии (формы проведения занятий) в высшей школе: учебное пособие. Н. Новгород: ННГАСУ, 2013, 97 с.
28. Опанасюк А. С. Сучасна фізична картина світу: навч. посіб. Вид-во СумДУ, 2005. 328 с.
29. Microsoft: Shortage of tech workers in the US becoming «genuine crisis» // The Hill. 2012. URL: <http://thehill.com/blogs/hilicon-valley/technology/258985-microsoft-lackof-tech-workers-approaching-genuine-crisis> (дата звернення 30.11.2021).

30. STEM и IT образование за рубежом URL: <https://theacademicadvisor.com.ua/stem-i-it-obrazovanie-za-rubezhom/> (дата звернення 30.11.2021).
31. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти.– URL: [http://mon.gov.ua/content/Освіта/postderzh-stan-\(1\).pdf](http://mon.gov.ua/content/Освіта/postderzh-stan-(1).pdf) (дата звернення 30.11.2021).
32. Червонный М. А., Швалёва Т. В., Власова А. А. исследование готовности учителей физики к реализации STEM-образования URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-gotovnosti-uchiteley-fiziki-k-realizatsii-stem-obrazovaniya> (дата звернення 30.11.2021).
33. Обухов А. С., Ловягин С. А. Задания для практики STEM-образования: от суммы частных задач и учебных дисциплин к целостному деятельностному междисциплинарному подходу // *Исследователь/Researcher*. 2020. № 2 (30). с. 63–80.
34. Ечмаева Г. А., Малышева Е. Н. Инженерно-техническая STEM-игра «Индустрия 4.0 и освоение ближнего космоса» как средство политехнического воспитания старшеклассников // *Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика*. 2019. № 3. с. 6-16. DOI: 10.18384/2310-7219-2019-3-6-16
35. Toontastic by Google 2017. URL: <https://toontastic.withgoogle.com/> (дата звернення 30.11.2021).
36. Renderforest - платформа для комплексного брендінгасу якісними дизайнами. URL: <https://www.renderforest.com/ru/> (дата звернення 30.11.2021).
37. Canva. URL: [https://www.canva.com/ru\\_ru/](https://www.canva.com/ru_ru/) (дата звернення 30.11.2021).
38. Crello. URL: <https://crello.com/uk/> (дата звернення 30.11.2021).
39. Wheel of Names. URL: <https://wheelofnames.com/> (дата звернення 30.11.2021).
40. Eslkidsgames. URL: <https://eslkidsgames.com/> (дата звернення 30.11.2021).

41. Classroomscrean. URL: <https://www.classroomscrean.com/>(дата звернення 30.11.2021).
42. Wordwall. URL: <https://wordwall.net/> (дата звернення 30.11.2021).
43. Leanis. URL: <https://www.learnis.ru/> (дата звернення 30.11.2021).
44. Mentimeter. URL: <https://www.mentimeter.com/> (дата звернення 30.11.2021).
45. Kahoot!. URL: <https://kahoot.it/> (дата звернення 30.11.2021).
46. Quizlet. URL: <https://quizlet.com/ru> (дата звернення 30.11.2021).
47. MindMeister. URL: <https://www.mindmeister.com/ru> (дата звернення 30.11.2021).
48. Popplet. URL:<https://www.popplet.com/> (дата звернення 30.11.2021)
49. Coggle. URL: <https://coggle.it/> (дата звернення 30.11.2021).
50. Tricider. URL: <https://www.tricider.com/> (дата звернення 30.11.2021).
51. Ideaboardz. URL: <https://ideaboardz.com/> (дата звернення 30.11.2021).
52. Padlet. URL:<https://ru.padlet.com/> (дата звернення 30.11.2021).
53. Jamboard. URL:<https://jamboard.google.com/> (дата звернення 30.11.2021).
54. Miro. URL:<https://miro.com/> (дата звернення 30.11.2021).
55. IDroo. URL: <https://idroo.com/> (дата звернення 30.11.2021)
56. Limnu. URL: <https://limnu.com/> (дата звернення 30.11.2021).
57. Дрібноход Д.Д. Роботехніка як напрям STEM-освіти.// *STEM–освіта: стан впровадження та перспективи розвитку. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції 9–10 листопада 2017 року*, с. 43. URL: [http://man.gov.ua/upload/news/2017/12\\_11/Zbirnyk.pdf](http://man.gov.ua/upload/news/2017/12_11/Zbirnyk.pdf) (дата звернення 22.11.2021).
58. Розвиток STEM-освіти URL: <https://sites.google.com/site/stemcentr657/rozvitok-stem-osviti> (дата звернення 30.11.2021).

Управління ІТ проектом побудови інформаційної системи «Розумного» будинку. // *Студентська наукова робота.* URL: [https://vnu.edu.ua/sites/default/files/Files/lichinchuk\\_kuhta\\_smart\\_house-ilovepdf-compressed.pdf](https://vnu.edu.ua/sites/default/files/Files/lichinchuk_kuhta_smart_house-ilovepdf-compressed.pdf) (дата звернення 30.11.2021).

59. Козак Л. В. Кейс-метод у підготовці майбутніх викладачів до інноваційної професійної діяльності. ISSN Online: 2312-5829. Освітологічний дискурс, 2015, № 3

Кросворд «Фотоефект. Закони фотоефекту», URL: <https://learningapps.org/display?v=pbz6fo9ta20> (дата звернення 30.11.2021).

60. Приклад виконання застосування деяких ігор на уроках фізики. Закони Ньютона («Знайди пару»). URL: <https://wordwall.net/ru/resource/1111370> Електричні явища (лабіринт). URL: <https://wordwall.net/ru/resource/962755>, Паралельне з'єднання провідників. URL: <https://wordwall.net/ru/resource/9589834>. (дата звернення 30.11.2021).

61. Бар'яхтар, В. Г. Фізика: підруч. для 9 кл. загальноосвіт. навч. закл. / В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий, Ф. Я. Божинова, О. О. Кірюхіна; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Харків : Вид-во «Ранок», 2017. 272 с

62. Інтерактивне навчання. Видавництво «Ранок». URL: <http://interactive.ranok.com.ua/course/pdrychniki/fzika-9-klas-pdrychnik-baryahtar-v-g-dovgiyi-s-o-bozhinova-f-ya-kryuhna-o-o-za-red-v-g-baryahtara-s-o-dovgogo> (дата звернення 30.11.2021).

63. PhET Interactive Simulation. URL: <https://PhET.colorado.edu>. (дата звернення: 22.11.2021).

64. Stoof A., Martens R. L., Van Merriënboer J. J. G., Bastiaens T. J. The Boundary Approach of Competence: A Constructivist Aid for Understanding and Using the Concept of Competence. Human Resource Development Review. 2002. Vol. 1, Issue 3, P. 345–365.

65. Реалізація принципів STEM - освіти на уроках інформатик у загальноосвітніх закладах. URL: <https://www.cuspu.edu.ua/images/download-files/naukovi-zapysky/174/48.pdf> (дата звернення: 22.11.2021).

66. Айзенберг А. Я. Самообразование: история, теория и современные проблемы. Москва: Высшая школа, 2006. 126 с.
67. Адольф В. А. Профессиональная компетентность современного учителя. Красноярск, 1998, 309 с.
68. Закон України «Про освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 38-39, ст.380) {Закон визнано таким, що відповідає [Конституції України](#) (є конституційним), згідно з Рішенням Конституційного Суду [№ 10-р/2019 від 16.07.2019](#)} {Із змінами, внесеними згідно із Законами [№ 2657-VIII від 18.12.2018](#), ВВР, 2019, № 5, ст.33 [№ 2661-VIII від 20.12.2018](#), ВВР, 2019, № 5, ст.35 [№ 2704-VIII від 25.04.2019](#), ВВР, 2019, № 21, ст.81 [№ 2745-VIII від 06.06.2019](#), ВВР, 2019, № 30, ст.119}
69. Засєкіна Т. М. Проблеми вдосконалення змісту шкільної фізичної освіти / *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету* (Серія: Педагогічні науки). Вип. 89. Чернігів: ЧНПУ, 2011. с.75 -78.
70. Зеер Э. Ф. Идентификация универсальных компетенций выпускников работодателем / Э.Ф. Зеер // Высшее образование в России. 2007. № 11. С.39–46.
71. Каменецкий, С. Е., Пурышева Н. С. Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. Заведений: Москва : Издательский центр «Академия», 2000. 368 с.52.
72. Леонтян М. А. Поняття «компетенція» і «компетентність» у теорії освіти. Випуск 176. Том 188.
73. Мерзлякова О. П. Формирование ключевых компетенций учащихся при реализации вариативной части государственного образовательного стандарта в процессе обучения физике в школе. Физика в системе современного образования (ФССО-07): материалы девятой международной конференции, Санкт-Петербург, 4-8 июня 2007. с.119-120.
74. Справочник учителя физики. Приложение к сборнику «Проблемы формирования теоретических обобщений и вариативных технологий обучения физике». Выпуск 1. Москва : МПУ, 1999. 59 с.

75. Туренко В.Е. До питання про сутність і значення інновацій в контексті модернізації сучасної філософської освіти / В.Е. Туренко, Т.В. Соболев, Н.В. Ярмоліцька. // Молодий вчений. – 2016. -№ 9 (36), С. 207-211.

76. Фасилітація в STEM-освіті – потужний інструмент розвитку креативної особистості. URL: <https://naurok.com.ua/post/fasilitaciya-v-stem-osviti-potuzhniy-instrument-rozvitku-kreativno-osobistosti> (дата звернення: 22.11.2021).

77. Энциклопедия профессионального образования: В 3-х т. / Под ред. С.Я.Батышева. М., АПО. 1999. 488 с. Т.3. Р–Я.1999, с.374

78. STEM-проект у школі: від ідеї до втілення. URL: <https://naurok.com.ua/prezentaciya-vprovadzhennya-innovaciyno-tehnologi-stem-osviti-v-osvitniy-proces-na-urokah-informatiki-za-dopomogoyu-obladnannya-arduino-raspberry-pi-ta-naboriv-sensoriv-14824.html> (дата звернення: 22.11.2021).

79. K-12 STEM Education: Breakthroughs in Research and Practice<sup>12</sup>

80. Design Steps for Physic STEM Education Learning in Senior Classes of Secondary School C. Teevasuthonsakul, V Yuvanatheeme, V Sriput, S Suwandecha. Faculty of Science and Arts, Burapha University Chanthaburi Campus, 54 m.7 Kamomg Thamai, Chanthaburi, Thailand 22170

81. What does STEM Education mean? URL:– <https://www.liysf.org.uk/blog/what-is-stem-education> (дата звернення: 22.11.2021).



## ДОДАТОК А

## Роздатковий матеріал дистанційної лабораторної роботи

Клас \_\_\_\_\_ Прізвище та ім'я \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**Тема.** Дослідження відбивання світла за допомогою плоского дзеркала або іншої поверхні відбивання.

**Мета:** експериментально перевірити закони відбивання світла.

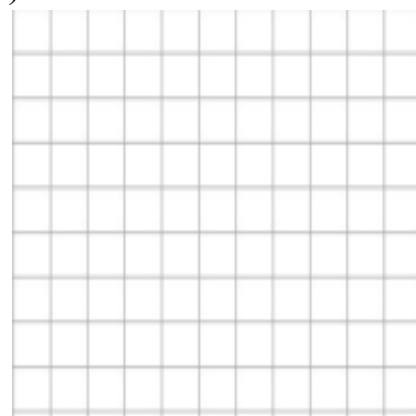
**Обладнання:** лінійка, олівець, інтерактивна демонстрація (містить транспортир, джерело світла, поверхню відбивання).

## Хід роботи

## Підготовка до експерименту

1. Проведіть пряму або лінію, яка символізує поверхню плоского дзеркала. Проведіть під довільним кутом падаючий промінь. Із точки падіння променя встановіть *перпендикуляр до поверхні дзеркала*. Позначте та виміряйте кут падіння. Відкладіть кут відбивання рівний куту падіння та позначте його.

2. Запишіть закони відбивання світла.



## Експеримент

*Результати вимірювань одразу фіксуйте в таблицю*

1. Накресліть таблицю.

№	Кут падіння $\alpha$ , градус	Кут відбивання $\beta$ , градус
1		
2		
3		
4		
5		

2. Відкрийте симуляцію відбивання світла за посиланням:

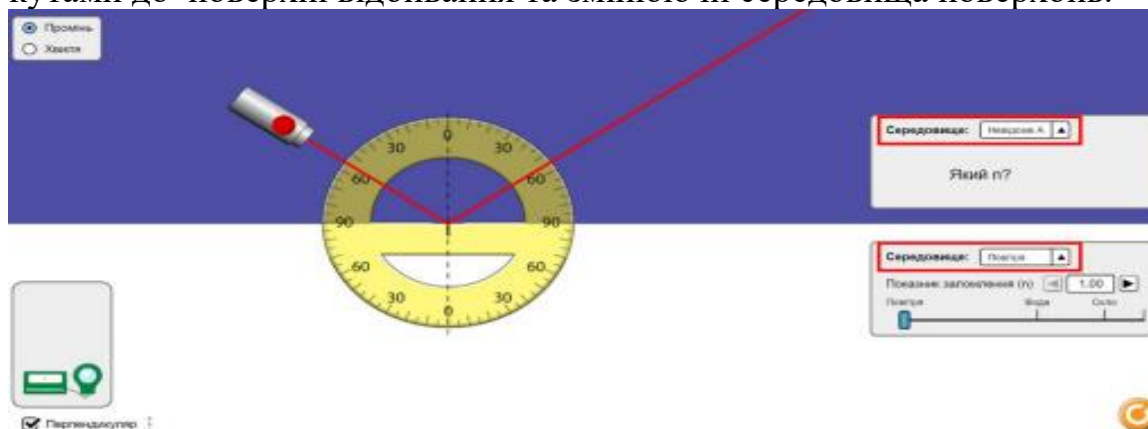
[https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/bending-light/latest/bending-light_uk.html)

3. Натисніть кнопку «Початок». Встановіть наступні параметри:

Середовище 1 – *Невідоме А*, Середовище 2 – *Повітря*.

4. За допомогою онлайн-транспортира в симуляції (лівий нижній кут) виміряйте *кут падіння* та *кут відбивання*.

5. Повторіть дії ще кілька разів, установлюючи джерело світла під різними кутами до поверхні відбивання та змінюючи середовища поверхонь.



### Аналіз експерименту та його результатів

Проаналізуйте експеримент та його результати. Зробіть висновок, у якому зазначте: 1) яке співвідношення між кутом падіння світлового променя та кутом його відбивання ви встановили; 2) чи виявилися результати дослідів абсолютно точними, а якщо ні, то в чому причини похибки.

### Висновок

---



---



---



---



---

### Творче завдання

Скориставшись рисунком, продумайте та запишіть план проведення експерименту з визначення висоти кімнати за допомогою плоского дзеркала; зазначте необхідне обладнання. У разі можливості проведіть експеримент.

---



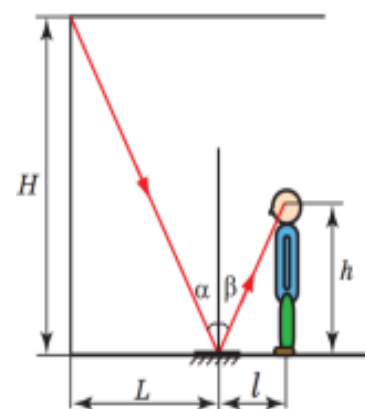
---



---



---



### Завдання «із зірочкою»

Для кожного дослідів оцініть відносну похибку експерименту за формулою:

$$\varepsilon = \left| 1 - \frac{\beta}{\alpha} \right| \cdot 100\%$$

де  $\alpha$  – кут падіння;  $\beta$  – кут відбивання.