МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕМАТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра загальної та прикладної фізики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: **«ВИКОРИСТАННЯ STEM-ПІДХОДУ НА ЗАНЯТТЯХ З ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ У ЗАКЛАДАХ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ»**

Виконала студентка: 2 курсу, групи 8.0144-ф
спеціальності 014 Середня освіта
(шифр і назва спеціальності)
предметної спеціальності 014.08 Середня освіта (Фізика і астрономія)
освітньої програми Середня освіта (Фізика і астрономія)
А. А. Тафійчук
(ініціали та прізвище)

Керівник завідувач кафедри загальної та прикладної фізики, професор, доктор педагогічних наук Андрєєв А. М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент вчитель фізики та астрономії Запорізького ліцею «ОРТ-Алєф» Запорізької міської ради, кандидат педагогічних наук, доцент Філіпенко І. І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Математичний

Кафедра загальної та прикладної фізики

Рівень вищої освіти Магістр

Спеціальність 014 Середня освіта

Освітня програма Середня освіта (Фізика і астрономія)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
загальної та прикладної фізики,
професор, доктор пед. н.
_____ **Андрєєв А.М.**
(підпис)

« ____ » _____ 2025р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Тафійчук Анастасії Андріївні
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема роботи Використання STEM-підходу на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти

керівник роботи Андрєєв Андрій Миколайович, д. пед. наук, професор
(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 28 » лютого 2025 року № 326-С

2. Строк подання студентом роботи 18.11.2025

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Основні теоретичні відомості;
2. Матеріали та методи дослідження;
3. Результати та їх обговорення;
4. Висновки.

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 15.06.2025

К А Л Е Н Д А Р Н И Й П Л А Н

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка плану роботи	20.06.2025	
2.	Збір вихідних даних	12.07.2025	
3.	Обробка методичних та теоретичних	17.07.2025	
	джерел		
4.	Розробка першого та другого розділу	28.08.2025	
5.	Розробка третього розділу	11.10.2025	
6.	Оформлення та нормоконтроль	16.11.2025	
	кваліфікаційної роботи		
7.	Захист кваліфікаційної роботи	18.12.2025	

Студент _____ А.А. Тафійчук
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ А. М. Андрєєв
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ А. М. Андрєєв
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра Використання STEM-підходу на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти: 45 с., 7 рис., 5 табл., 45 джерел.

ПЕДАГОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ, STEM-ПІДХІД, ІННОВАЦІЙНА ПЕДАГОГІЧНА ДІЯЛЬНІСТЬ, ТВОРЧІ ЗДІБНОСТІ, НЕТРАДИЦІЙНІ УРОКИ, ДИСТАНЦІЙНА ФОРМА НАВЧАННЯ, ІНТЕГРОВАНЕ НАВЧАННЯ.

Об'єкт дослідження: процес навчання фізика та астрономія у закладах фахової передвищої освіти.

Предмет дослідження: методика застосування STEM-підходу в інтегрованому навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти.

Метою роботи є обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність STEM-підходу в інтегрованому навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти з метою підвищення мотивації студентів і формування професійно значущих компетентностей.

Методи дослідження: аналітичний, емпіричний, експериментальний.

У роботі пропонується методика організації та проведення інтегрованих STEM-занять з фізики та астрономії, спрямованих на формування професійно важливих компетентностей, розвиток творчих здібностей та різностороннього мислення студентів закладів фахової передвищої освіти, як авторської форми навчально – пізнавальної діяльності в умовах сучасної освітньої парадигми.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні та розробленні методики інтегрованого STEM-навчання фізики й астрономії у закладах фахової передвищої освіти, спрямованої на формування професійно значущих компетентностей майбутніх фахівців, а також у апробації STEM-проєктної діяльності, яка поєднує фізичні та астрономічні знання.

Практичне значення дослідження визначається тим, що розроблені методичні засади організації та проведення інтегрованих STEM-занять з фізики та астрономії можуть бути впроваджені в освітній процес закладів фахової передвищої освіти, зокрема в умовах дистанційного та змішаного навчання, і спрямовані на підвищення рівня практичної підготовки й професійної мотивації студентів обраного профілю.

SUMMARY

Master's Qualifying Thesis "Use of the STEM Approach in Physics and Astronomy Classes in Vocational Pre-Higher Education Institutions": 45 pages, 7 figures, 5 tables, 45 references.

PEDAGOGICAL TECHNOLOGIES OF TEACHING PHYSICS AND ASTRONOMY, STEM APPROACH, INNOVATIVE PEDAGOGICAL ACTIVITY, CREATIVE ABILITIES, NON-TRADITIONAL LESSONS, DISTANCE LEARNING, INTEGRATED LEARNING..

The object of research: The process of teaching physics in vocational pre-higher education institutions.

The subject of the study: Methodology of applying the STEM approach in integrated teaching of physics and astronomy in vocational pre-higher education institutions.

The purpose of the study is to substantiate and experimentally verify the effectiveness of the STEM approach in integrated teaching of physics and astronomy in vocational pre-higher education institutions, with the aim of increasing student motivation and developing professionally significant competencies

The methods of research: analytical, empirical, experimental.

The thesis proposes a methodology for organizing and conducting integrated STEM classes in physics and astronomy, aimed at developing professionally important competencies of students in vocational pre-higher education institutions, as an authorial form of educational and cognitive activity in the context of the modern educational paradigm.

The scientific novelty of the results lies in the substantiation and development of a methodology for integrated STEM teaching of physics and astronomy in vocational pre-higher education institutions, aimed at forming professionally significant competencies of future specialists, as well as in the testing of STEM project-based activities that combine physical and astronomical knowledge..

The practical significance of the study is determined by the fact that the developed methodological principles for organizing and conducting integrated STEM

classes in physics and astronomy can be implemented in the educational process of vocational pre-higher education institutions, including in distance and blended learning environments, and are aimed at improving the level of practical training and professional motivation of students in the chosen field.

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу……2
Реферат……..4
Summary……6
Вступ……10
1 Сучасні підходи до використання STEM-технологій у навчанні фізики та астрономії……...……13
1.1 STEM-освіта як важлива складова сучасного освітнього процесу з фізики та астрономії…….……...13
1.2 Проблеми впровадження STEM-підходу у навчанні фізики та астрономії…….……...……....15
2 Методичні засади організації та проведення відкритого уроку «Енергія майбутнього» в освітньому процесі закладів фахової передвищої освіти……19
2.1 Основні принципи організації STEM-навчання на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти……...……..19
2.2 Методичні засади розробки занять з фізики для STEM-проєкту в закладах фахової передвищої освіти.……...…….……....24
2.1. Відкритий інтегрований урок із фізики у форматі STEM-проєкту «Енергія майбутнього: як працюють електростанції» ……..27
3 Експериментальна перевірка результатів дослідження ……..32
3.1. Особливості проведення педагогічного експерименту…….……32
3.2. Аналіз результатів експериментального впровадження STEM-підходу …….……...36
Висновки……..43
Список використаних джерел……45

ВСТУП

Одним із актуальних на сьогодні завдань у вивченні фізики та астрономії є формування у студентів умінь аналізувати явища, генерувати нові ідеї та приймати оптимальні рішення. Це завдання відображене у державних стандартах фахової передвищої освіти та вимогах до професійної підготовки майбутніх фахівців. У процесі навчання широко використовуються різноманітні інтерактивні та творчі форми роботи, участь у яких сприяє розвитку у студентів критичного мислення, дослідницьких навичок та творчих здібностей.

Проте впровадження дистанційних та змішаних форм навчання в Україні виявило проблему організації інтерактивної та практичної діяльності студентів у процесі вивчення фізики та астрономії. Традиційні методи проведення експериментальних занять, лабораторних робіт і проєктних активностей часто виявляються недостатньо ефективними в умовах онлайн-освіти. Відтак постає актуальна проблема: розробка та впровадження інтегрованих STEM-занять як форми навчально-пізнавальної діяльності, здатної забезпечити формування професійно значущих компетентностей студентів у дистанційному середовищі.

Для розвитку дослідницьких і творчих умінь студентів багато науковців-методистів пропонували різні підходи, зокрема проєктне навчання, моделювання, роботу з лабораторними симуляторами та інтегровані STEM-проєкти. Проте особливості використання цих методик у дистанційному та змішаному навчанні, а також їх ефективність у закладах фахової передвищої освіти досліджені недостатньо.

Об’єкт дослідження: процес навчання фізика та астрономія у закладах фахової передвищої освіти.

Предмет дослідження: методика застосування STEM-підходу в інтегрованому навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти.

Метою роботи є обґрунтувати та експериментально перевірити ефективність STEM-підходу в інтегрованому навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти з метою підвищення мотивації студентів і формування професійно значущих компетентностей.

Для досягнення зазначеної мети поставлено такі завдання:

1. Виділити основні проблеми організації інтегрованих STEM-занять з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти, зокрема в умовах дистанційного навчання.
2. Розробити методичні засади організації та проведення інтегрованих STEM-занять.
3. Експериментально дослідити ефективність запропонованих STEM-занять для підвищення рівня практичної підготовки та професійної мотивації студентів.

Методи дослідження: аналітичний, емпіричний, експериментальний.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні та розробленні методики інтегрованого STEM-навчання фізики й астрономії у закладах фахової передвищої освіти, спрямованої на формування професійно значущих компетентностей майбутніх фахівців, а також у апробації STEM-проєктної діяльності, яка поєднує фізичні та астрономічні знання.

Практичне значення дослідження визначається тим, що розроблені методичні засади організації та проведення інтегрованих STEM-занять з фізики та астрономії можуть бути впроваджені в освітній процес закладів фахової передвищої освіти, зокрема в умовах дистанційного та змішаного навчання, і спрямовані на підвищення рівня практичної підготовки й професійної мотивації студентів.

Результати дослідження були апробовані на науково-методичному семінарі кафедри загальної та прикладної фізики ЗНУ (протокол № 5 від 24.11.2025 р.).

Кваліфікаційна робота магістра містить: вступ, три розділи, висновки,

перелік посилань (45 джерел), 7 рисунків, 5 таблиць.

1 СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ STEM-ТЕХНОЛОГІЙ У ВИКЛАДАННІ ФІЗИКИ ТА АСТРОНОМІЇ

1.1 STEM-освіта як важлива складова сучасного освітнього процесу з фізики та астрономії

Сучасна система освіти в Україні спрямована на підготовку конкурентоспроможних фахівців, здатних до творчого мислення, критичного аналізу та застосування отриманих знань у практичній діяльності [1]. Одним із провідних напрямів модернізації освіти є впровадження STEM-підходу (Science, Technology, Engineering, Mathematics), який інтегрує природничо-наукові та технічні дисципліни в єдину систему практико-орієнтованого навчання.

STEM-освіта передбачає міждисциплінарний підхід до навчання, коли знання з фізики, математики, інформатики, технологій та інженерії застосовуються для вирішення реальних проблем. Такий підхід дозволяє формувати у студентів закладів фахової передвищої освіти не лише академічні знання, а й практичні навички дослідницької діяльності, розвивати критичне мислення, комунікабельність, уміння працювати в команді та самостійно приймати рішення [2].

Викладання фізики та астрономії в контексті STEM-підходу передбачає використання сучасних цифрових технологій, моделювання природних процесів, проведення експериментів із застосуванням цифрових вимірювальних систем, а також створення навчальних проєктів, орієнтованих на практичне застосування знань. Це дозволяє підвищити інтерес студентів до вивчення природничих наук, а також розкрити їхній творчий потенціал [3].

На думку науковців, ефективність STEM-освіти визначається не лише

впровадженням нових технологій, але й оновленням методики викладання. Зокрема, М. Б. Євтушенко та Л. І. Петренко зазначають, що STEM-підхід сприяє переходу від репродуктивного засвоєння знань до дослідницько-проєктної діяльності студентів [4]. У процесі навчання з використанням STEM-технологій студент стає активним суб'єктом освітнього процесу, який самостійно здобуває, аналізує та застосовує інформацію.

Значну роль у реалізації STEM-освіти відіграє фізика – як фундаментальна наука, що пояснює закони природи, і як базова дисципліна для інженерно-технічних спеціальностей. Астрономія, у свою чергу, розширює світогляд студентів, сприяє розвитку просторового мислення та формує навички застосування фізичних знань для розв'язання задач космічного рівня [5].

В умовах цифровізації освіти важливим є також використання інноваційних навчальних платформ (PhET, GeoGebra, Stellarium, Algodoo тощо), які дозволяють моделювати фізичні явища та астрономічні процеси в інтерактивній формі. Це створює передумови для формування професійних компетентностей майбутніх фахівців технічного профілю та стимулює їх до самостійного наукового пошуку [6].

Отже, STEM-освіта є ефективним напрямом модернізації викладання фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти. Вона поєднує фундаментальні наукові знання з практичною діяльністю, сприяє розвитку інноваційного мислення, підготовці студентів до викликів сучасного технологічного суспільства та формуванню в них ключових компетентностей XXI століття.

1.2 Проблеми впровадження STEM-підходу у навчанні фізики та астрономії

Проблема впровадження STEM-підходу у навчальний процес, зокрема у вивчення фізики та астрономії, є однією з найактуальніших у сучасній педагогічній науці. Науковці, методисти та практики освіти зазначають, що впровадження STEM-освіти вимагає системного переосмислення як змісту навчання, так і організації освітнього процесу, підготовки викладачів, матеріально-технічного забезпечення та методичних підходів [7; 8; 9].

Серед вітчизняних науковців питання реалізації STEM-підходу у викладанні природничих дисциплін досліджували Н. Морзе, Л. Панченко, О. Семеніхіна, Л. Петренко, О. Ліскович, які відзначають, що основна мета STEM-освіти полягає у формуванні в студентів здатності застосовувати знання з різних галузей науки і техніки для вирішення практичних, інженерних та дослідницьких завдань [10;11].

Згідно з дослідженням О. Ліскович [12], успішне впровадження STEM-освіти передбачає інтеграцію змісту навчальних дисциплін, зміну підходів до викладання (від репродуктивного до дослідницько-проєктного), оновлення освітнього середовища та переорієнтацію викладача на роль тьютора – наставника, який не лише передає знання, а й супроводжує студента у процесі пізнання.

Попри значний інтерес до STEM-підходу, на практиці викладачі фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти стикаються з низкою труднощів. До основних проблем належать:

Недостатнє матеріально-технічне забезпечення. Для ефективної реалізації STEM-підходу потрібні сучасні лабораторії, комп’ютерне обладнання, цифрові вимірювальні комплекси, 3D-принтери, мікроконтролери, програмне забезпечення для моделювання фізичних та астрономічних процесів (PhET, Algodoo, Stellarium, Arduino IDE тощо). У більшості закладів фахової передвищої освіти наявні ресурси не дозволяють повною мірою реалізовувати

інтеграційні проєкти.

Низький рівень підготовки викладачів до STEM-діяльності. Як зазначають І. Гуржій і Н. Морзе , значна частина педагогів не має достатніх знань у галузях інженерії, робототехніки, програмування або сучасних технологій візуалізації даних [13]. Це ускладнює міждисциплінарну інтеграцію та проведення практичних STEM-проєктів.

Відсутність єдиних методичних рекомендацій і навчальних програм. У педагогічній літературі поки що немає уніфікованої системи реалізації STEM-компонентів у фізиці та астрономії саме для закладів фахової передвищої освіти. Часто викладачі вимушені створювати власні авторські курси або адаптувати шкільні та університетські програми під потреби студентів технічного профілю [14].

Проблема мотивації студентів. Як відзначає Т. Волошина , студенти середньої ланки освіти (коледжів, технікумів) часто мають недостатню мотивацію до дослідницької діяльності, віддаючи перевагу практичним, прикладним завданням [15]. Для ефективного впровадження STEM необхідно поєднувати проєктну та професійно-орієнтовану діяльність, показуючи зв’язок між навчанням і майбутньою професією.

Проблеми організації командної роботи. STEM-проєкти передбачають кооперацію студентів із різними ролями (дослідник, аналітик, дизайнер, презентатор). У багатьох закладах ця форма роботи не є традиційною, тому виникають труднощі в розподілі обов’язків, взаємодії та оцінюванні результатів групової діяльності [16].

Зарубіжні дослідники також акцентують на низці подібних проблем. Так, R. Bybee [17] вказує, що ефективне впровадження STEM потребує «культури співпраці» між викладачами різних дисциплін, а не просто суміщення навчального матеріалу. M. Sanders [18] наголошує на необхідності інтеграції інженерної компоненти у природничі дисципліни, зокрема через моделювання та створення прототипів, а L. English [19] розглядає STEM як засіб розвитку креативності через проблемно-орієнтоване навчання.

Ще однією перешкодою є обмежений досвід проведення проєктів у дистанційному або змішаному форматі, що стало особливо помітним під час пандемії COVID-19. Як зазначає О. Семеніхіна [20], значна частина STEM-заходів (проєктів, лабораторних досліджень, експериментів) не може бути повністю реалізована онлайн через відсутність необхідного обладнання в студентів. Це зумовило потребу у створенні віртуальних лабораторій і віддалених STEM-платформ, таких як Arduino Web Editor, Tinkercad, PhET Interactive Simulations, що частково компенсують цю проблему.

Разом із тим, STEM-підхід має великий потенціал для розвитку творчих здібностей студентів. Так, Н. Поліхун [21] зазначає, що участь студентів у STEM-проєктах сприяє формуванню навичок дослідницької діяльності, аналітичного мислення, здатності генерувати ідеї та приймати самостійні рішення. І. Ткаченко [22] підкреслює, що метод проєктів у STEM-дисциплінах забезпечує формування ключових компетентностей XXI століття – інформаційної грамотності, критичного мислення, комунікабельності та креативності.

Не менш актуальним є питання оцінювання результатів STEM-навчання. У традиційній системі освіти оцінка зазвичай базується на перевірці знань, тоді як у STEM-освіті важливо оцінювати процес – участь у проєкті, вміння працювати в команді, якість презентації, здатність до аналізу й обґрунтування рішень. Як зазначають автори методичних рекомендацій МОН України [23], для цього доцільно використовувати формувальне оцінювання та портфоліо STEM-компетентностей.

Отже, незважаючи на наявні труднощі, впровадження STEM-підходу у навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти є перспективним напрямом розвитку сучасної освіти. Подолання виявлених проблем можливе за умови:

- підвищення кваліфікації викладачів у галузі STEM-технологій;
- створення сучасної матеріально-технічної бази;
- розроблення єдиних методичних рекомендацій та навчальних

програм;

- налагодження міждисциплінарної взаємодії викладачів;
- мотивації студентів до участі у дослідницько-проєктній діяльності.

Таким чином, STEM-підхід відкриває нові можливості для формування професійних компетентностей майбутніх фахівців технічного профілю, але потребує цілісної стратегії впровадження, що враховує як педагогічні, так і організаційно-технічні аспекти освітнього процесу.

2 МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ВІДКРИТОГО УРОКУ «ЕНЕРГІЯ МАЙБУТНЬОГО» В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ ЗАКЛАДІВ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЩОЇ ОСВІТИ

2.1 Основні принципи організації STEM-навчання на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти

Сучасна система фахової передвищої освіти спрямована на підготовку компетентного, творчого, конкурентоспроможного фахівця, здатного до інноваційної діяльності. Одним із дієвих засобів реалізації цієї мети є впровадження STEM-підходу в освітній процес, який забезпечує інтеграцію природничо-наукових знань із технічними, інженерними та математичними компонентами, формуючи у здобувачів освіти дослідницьке мислення, уміння працювати в команді, вирішувати реальні практичні завдання, спираючись на наукові принципи.

STEM-підхід (Science, Technology, Engineering, Mathematics) передбачає цілеспрямоване поєднання теоретичних знань і практичної діяльності, що сприяє формуванню у студентів фахових компетентностей, необхідних для успішної професійної діяльності. Заняття з фізики та астрономії в цьому контексті набувають нової ролі – вони стають лабораторією дослідження, простором для моделювання, експериментування та винахідництва.

Основна мета впровадження STEM-підходу у закладах фахової передвищої освіти полягає не лише у засвоєнні студентами навчального матеріалу, а й у розвитку здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях, формуванні критичного мислення, самостійності, умінь працювати з інформацією та презентувати результати власної діяльності.

Таблиця 2.1 – Основні принципи STEM-навчання

Основні принципи STEM-навчання	
Інтеграція знань і міждисциплінарність	Зміст навчальних дисциплін інтегрується навколо спільної проблеми або теми, що поєднує фізику, астрономію, математику, інформатику, технології. Такий підхід сприяє цілісному сприйняттю природничих процесів і розумінню їх практичного застосування
Дослідницько-проєктна діяльність	Ключовим елементом є виконання студентами навчально-дослідницьких або мініпроєктів, у яких вони формулюють проблему, висувають гіпотези, проводять експерименти, аналізують результати та представляють висновки у вигляді звіту, презентації чи макету. Така діяльність наближає навчання до реальної наукової практики
Проблемність навчання	Викладач створює проблемні ситуації, що стимулюють пізнавальну активність студентів і вимагають пошуку рішень через застосування знань з різних галузей. Наприклад, під час теми «Енергозбереження» студенти

	можуть розробити модель системи освітлення з мінімальним споживанням енергії або запропонувати технологічне рішення для побутового використання відновлюваних джерел енергії
Практична спрямованість	STEM-навчання орієнтується на формування практичних умінь — від уміння користуватися вимірювальними приладами до розроблення інженерних прототипів або цифрових моделей явищ. У цьому контексті лабораторні та практичні роботи стають невід'ємною складовою навчального процесу
Командна взаємодія і комунікація	Реалізація STEM-проєктів відбувається у групах, що сприяє формуванню навичок співпраці, розподілу обов'язків, відповідальності та взаємної підтримки. Викладач у цьому процесі виступає фасилітатором — наставником, який спрямовує, а не нав'язує рішення
Використання сучасних технологій	STEM-освіта передбачає активне використання цифрових інструментів — програм для моделювання фізичних процесів,

	онлайн-лабораторій, віртуальних симуляторів, цифрових вимірювальних комплексів тощо. Це дає змогу студентам наближати навчання до умов сучасного науково-технічного середовища
Формування ключових компетентностей	STEM-підхід сприяє розвитку інформаційної, інженерної, комунікативної та дослідницької компетентностей, а також навичок критичного мислення, самостійності, відповідальності та інноваційності

Організація STEM-навчання на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти має низку етапів, що структурно нагадують метод проєктів:

1. Підготовчо-організаційний етап – постановка проблеми, визначення теми проєкту або дослідження, формування груп, розподіл завдань.

2. Пошуково-дослідницький етап – збір інформації, виконання експериментів, аналіз отриманих результатів.

3. Практично-інженерний етап – створення продукту або моделі (наприклад, макета сонячної системи, моделі генератора, симуляції руху супутників).

4. Презентаційний етап – захист результатів роботи, демонстрація створеного продукту, обговорення отриманих результатів.

5. Рефлексивно-оцінювальний етап – самооцінка, взаємооцінка, обговорення труднощів і перспектив удосконалення проєкту.

У STEM-освіті викладач перестає бути єдиним джерелом знань, натомість виступає організатором пізнавальної діяльності, консультантом і наставником. Його завдання — створити умови, за яких здобувач освіти самостійно

приходить до розуміння закономірностей, робить висновки на основі власного досвіду, експериментів чи спостережень. Важливо, щоб викладач володів сучасними педагогічними технологіями, вмів інтегрувати міждисциплінарний матеріал і застосовувати інноваційні методи навчання. Здобувач освіти, в свою чергу , має вміти проаналізувати та застосувати надані навички та знання на практиці.

Ефективна реалізація STEM-навчання потребує також партнерства між викладачами різних дисциплін — фізики, інформатики, технологій, математики. Міжпредметні зв’язки дозволяють створювати комплексні завдання, наближені до реальних професійних ситуацій.

Оцінювання результатів STEM-навчання

Система оцінювання у STEM-навчанні має бути гнучкою та комплексною. Вона включає як традиційні форми контролю (тести, заліки, практичні роботи), так і оцінювання процесу діяльності — участі у дискусіях, рівня ініціативності, внеску у командну роботу, креативності у пошуку рішень. Особливої ваги набуває захист та виконання проєктів, який демонструє не лише рівень знань, а й уміння застосовувати їх у практичних умовах.

Таким чином, STEM-підхід на заняттях з фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти є не лише сучасною педагогічною технологією, а й ефективним засобом формування професійно значущих якостей здобувачів освіти. Він забезпечує розвиток пізнавальної активності, дослідницької ініціативи, вміння працювати в команді та творчо вирішувати науково-практичні проблеми, застосовувати свої знання безпосередньо на практиці що є запорукою підготовки конкурентоспроможних фахівців нового покоління.

2.2 Методичні засади розробки занять з фізики для STEAM-проєкту в закладах фахової передвищої освіти

Одним із найперспективніших напрямів модернізації сучасної освіти є впровадження STEAM-підходу (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics), який поєднує природничо-наукові, технічні, інженерні, мистецькі та математичні компоненти. Така інтеграція дає змогу не лише розвивати логічне та критичне мислення, а й формувати у здобувачів освіти креативність, вміння презентувати результати власної діяльності, естетичний смак, інноваційність мислення та здатність до міждисциплінарної співпраці.

У контексті закладів фахової передвищої освіти реалізація STEAM-проєктів з фізики передбачає створення навчального середовища, у якому студенти можуть поєднувати знання з фізики, інформатики, технологій, інженерії, математики та мистецтва для вирішення практичних і творчих завдань. Особливу роль у цьому процесі відіграє викладач, який не лише організовує навчально-дослідницьку діяльність, а й сприяє розвитку креативного потенціалу студентів, їхній мотивації до навчання, залучає до колективної творчості.

Мета розробки занять STEAM-напрямку полягає у створенні умов для формування інтегрованих компетентностей, розвитку наукового та технічного мислення, здатності застосовувати фізичні знання у реальному житті, а також розуміння взаємозв’язку науки, технології та мистецтва.

Основні методичні підходи до розробки занять з фізики у межах STEAM-проєкту:

1. Інтегративно-компетентнісний підхід. Під час планування занять викладач визначає освітні результати, що передбачають одночасний розвиток кількох компетентностей – природничої, математичної, інженерної, цифрової, художньо-творчої. Наприклад, при вивченні теми «Світло і кольори» можна інтегрувати фізичний експеримент із художнім завданням – створення

інсталяції, що демонструє властивості відбиття та заломлення світла.

2. Проєктно-дослідницька організація навчання. STEAM-заняття повинні базуватися на принципі «навчання через дію». Студенти виконують проєкти, які мають практичний результат: створення діючої моделі, демонстраційного експерименту, мультимедійного продукту чи художньо-технологічного об’єкта. Наприклад, у межах теми «Електрика» студенти можуть розробити макет «розумного будинку» або енергоощадної системи освітлення.

3. Проблемно-творчий характер завдань. Основою навчального процесу є постановка проблемного питання, на яке немає однозначної відповіді. Студенти самостійно шукають шляхи його вирішення, експериментують, створюють моделі, аналізують результати. Такий підхід стимулює креативність, самостійність та наукову допитливість.

4. Використання цифрових технологій. Для моделювання фізичних процесів, візуалізації результатів і створення цифрових продуктів активно застосовуються комп’ютерні програми, онлайн-симулятори (PhET, Algodoo, Crocodile Physics), графічні редактори, 3D-моделювання, мікроконтролери Arduino або Raspberry Pi. Це дозволяє поєднувати технічну і творчу складові навчання.

5. Інтеграція мистецького компоненту. Важливою складовою STEAM є «Art» – мистецтво, яке забезпечує розвиток естетичного сприйняття та креативності. Наприклад, під час вивчення механічних коливань студенти можуть створювати музичні інструменти, які демонструють фізичні принципи звуку, або при темі «Оптика» – розробляти художні інсталяції зі світловими ефектами.

6. Командна взаємодія. Робота над проєктами здійснюється в групах, де кожен учасник виконує певну роль: дослідник, інженер, дизайнер, програміст, аналітик. Такий підхід формує вміння працювати у команді, налагоджувати комунікацію та брати відповідальність за результат спільної діяльності.

7. Підсумкова презентація та рефлексія. Кожен STEAM-проєкт завершується публічним представленням результатів: захистом, виставкою,

демонстрацією чи конкурсом. Це мотивує студентів до якісного виконання роботи, формує навички публічного виступу та самооцінки.

Структура заняття STEAM-напрямку з фізики може включати такі етапи:

– мотиваційно-вступний (створення проблемної ситуації, визначення мети);

– аналітично-дослідницький (вивчення фізичних явищ, збір і аналіз даних);

– творчо-практичний (розробка і створення об’єкта, моделі або експерименту);

– презентаційно-рефлексивний (захист результатів, самооцінка, обговорення).

Роль викладача полягає у підтримці пізнавальної ініціативи студентів, консультативному супроводі їх діяльності, сприянні формуванню атмосфери співтворчості та взаємодопомоги. Він виступає не лише носієм знань, а й модератором інноваційного освітнього процесу.

Таким чином, методичні засади розробки занять з фізики для STEAM-проєктів у закладах фахової передвищої освіти передбачають інтеграцію наукового та творчого підходів, активне використання цифрових технологій, організацію навчання на засадах проєктної діяльності та міждисциплінарної співпраці. Реалізація таких занять сприяє розвитку творчої особистості, здатної не лише розуміти закони природи, а й застосовувати їх для створення інноваційних рішень у сучасному світі.

2.3 Відкритий інтегрований урок із фізики у форматі STEAM-проєкту «Енергія майбутнього: як працюють електростанції»

У межах впровадження STEM -підходу у фаховій передвищій освіті ефективною формою організації освітньої діяльності є проведення відкритих занять проєктно-дослідницького характеру. Такі заняття не лише демонструють практичні можливості інтеграції природничих, технічних і гуманітарних

дисциплін, а й створюють умови для розвитку критичного мислення, комунікативних умінь і екологічної свідомості студентів.

Одним із прикладів інтегрованого STEM-заняття є відкритий урок із фізики на тему «Енергія майбутнього: як працюють електростанції», який поєднує знання з фізики, географії, екології, економіки, інформатики та технологій. Тема уроку є актуальною, оскільки питання раціонального використання енергоресурсів, екологічної безпеки та впровадження альтернативних джерел енергії набувають особливого значення в умовах сучасного світу.

Мета уроку – сформувати у студентів розуміння принципів роботи різних типів електростанцій, показати переваги та недоліки традиційних і відновлюваних джерел енергії, розвинути здатність застосовувати знання фізичних законів для пояснення технологічних процесів виробництва електроенергії.

Завдання уроку:

- актуалізувати знання з розділів «Електрика» та «Механіка»;
- сформувати цілісне уявлення про перетворення механічної енергії в електричну та види електростанцій (теплові, гідро-, атомні, сонячні, вітрові, геотермальні);
- розвивати вміння аналізувати та порівнювати енергетичні системи за фізичними принципами їх дії;
- виховувати екологічну свідомість, відповідальне ставлення до енергоспоживання;
- розвивати навички командної роботи, комунікації, публічного виступу.

Тип уроку: інтегрований, дослідницько-проєктний, з елементами рольової гри. Форма проведення: STEM-проєкт «Енергія майбутнього».

Структура відкритого уроку:

1. Мотиваційно-вступний етап. Викладач пропонує студентам коротке відео або анімацію про сучасні енергетичні технології, після чого ставить проблемне питання: *«Яку електростанцію можна назвати енергетикою*

майбутнього?» Це завдання спонукає студентів до пошуку інформації, обговорення та формування власної позиції (рис. 2.1).

2. Інформаційно-аналітичний етап. Кожна команда студентів отримує окремий напрям дослідження (рис. 2.2):

команда 1 – Теплові електростанції;

команда 2 – Гідроелектростанції;

команда 3 – Атомні електростанції;

команда 4 – Вітрові та сонячні електростанції;

команда 5 – Альтернативні (геотермальні, приливні, біоенергетичні)

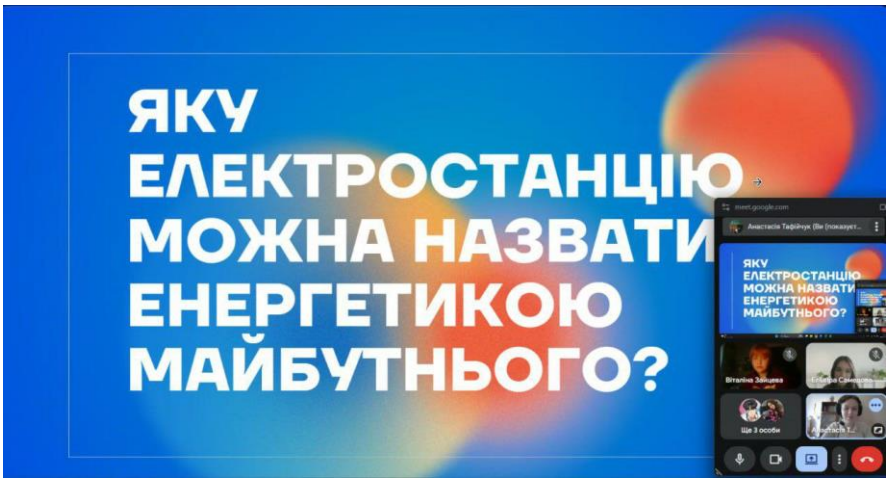


Рисунок 2.1 – Обговорення проблемного питання



Рисунок 2.2 – розподіл напряму дослідження

Завдання команд – з'ясувати фізичні принципи роботи, переваги,

недоліки, вплив на довкілля, вартість виробництва електроенергії, перспективи розвитку в Україні.

– Дослідницько-практичний етап. Студенти проводять прості експерименти або демонстрації (наприклад, модель турбіни, дію сонячної батареї, ефект магнітної індукції), використовуючи лабораторне обладнання або цифрові симулятори (PhET). Також можливе створення міні-моделей електростанцій з підручних матеріалів — це активізує інженерне мислення та творчий підхід (рис. 2.3), (рис. 2.4).

– Презентаційний етап. Кожна команда презентує результати своєї роботи у вигляді мультимедійної презентації, постера або відео. У процесі виступу учасники обґрунтовують свій вибір типу електростанції як найперспективнішої для майбутнього.

– Дискусійно-рефлексивний етап. Відбувається колективне обговорення питання: *«Яке джерело енергії є найоптимальнішим для України?»* Студенти аргументують свої думки, порівнюють отримані результати, оцінюють переваги та недоліки кожної системи.

– Підбиття підсумків. Викладач узагальнює результати уроку, наголошує на ролі науки й техніки у формуванні енергетично стійкого суспільства, підкреслює важливість раціонального використання енергоресурсів.

Очікувані результати: студенти демонструють розуміння принципів роботи різних типів електростанцій, виявляють вміння застосовувати фізичні знання для аналізу технологічних процесів, набувають досвіду дослідницької та проєктної діяльності, усвідомлюють значення альтернативної енергетики для сталого розвитку.



Рисунок 2.3 – Макет вітряної електростанції



Рисунок 2.4 – Макет гідроелектростанції

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Особливості проведення педагогічного експерименту

Педагогічний експеримент проводився на базі комунального закладу «Запорізький медичний фаховий коледж» Запорізької обласної ради (далі КЗ «ЗМФК» ЗОР) в двох навчальних групах 1 курсу. *Експериментальною* групою (далі ЕГ) для проведення педагогічного експерименту була група – 1.925 Ф (спеціальність 18 «Фармація», на базі базової загальної середньої освіти, 9 студентів). *Контрольною* групою (далі КГ) для проведення педагогічного експерименту була група – 1.925 СО (А) (спеціальність 11 «Стоматологія» група А, 17 студентів) учасників експерименту була контрольною (далі КГ). Всього в експерименті взяли участь 26 здобувачів освіти.

Здобувачі освіти за спеціальністю 18 «Фармація» після закінчення навчання у далі КЗ «ЗМФК» ЗОР отримають ступінь фахового молодшого бакалавра й зможуть працювати в аптеках, аптечних складах, фармацевтичних компаніях та лабораторіях міста Запоріжжя та України (зокрема, ТОВ «Аптека низьких цін», ТОВ «Фармація», ПАТ «Дарниця», ТОВ «Фармак», ТОВ «Здоров’я» тощо). Випускники здатні здійснювати виготовлення, зберігання, відпуск лікарських засобів, консультування споживачів щодо їх раціонального використання, а також брати участь у контролі якості лікарських препаратів.

Здобувачі освіти за спеціальністю 11 «Стоматологія» після закінчення навчання у ВСП «ЗМФК ЗНУ» отримають ступінь фахового молодшого бакалавра й зможуть працювати зубними техніками, асистентами лікаря-стоматолога, фахівцями з ортопедичної, терапевтичної чи ортодонтичної стоматології в державних і приватних медичних закладах міста Запоріжжя та України (зокрема, КНП «Міська стоматологічна поліклініка», ТОВ «Стоматологічний центр», клініки «Медлайн», «32 Практика» тощо). Випускники володіють знаннями та практичними навичками виготовлення

зубних протезів, реставрацій, роботи з сучасними стоматологічними матеріалами й технологіями.

Викладання фізики у закладах фахової передвищої освіти, зокрема для спеціальностей «Фармація» та «Стоматологія», набуває особливого значення, адже ця дисципліна є фундаментом для розуміння процесів, що лежать в основі майбутньої професійної діяльності. Застосування STEM-підходу (у навчанні дозволяє зробити освітній процес не лише теоретично насиченим, а й максимально наближеним до реальної практики.

Для здобувачів спеціальності «Фармація» STEM-підхід сприяє формуванню вміння пояснювати фізико-хімічні властивості лікарських речовин, процеси дифузії, осмосу, розчинності, теплопередачі та радіаційного впливу. Під час лабораторних занять і мініпроєктів студенти можуть досліджувати, наприклад, вплив температури на швидкість розчинення лікарських засобів або моделювати умови зберігання препаратів. Такі інтегровані завдання допомагають майбутнім фахівцям поєднувати знання з фізики, хімії та технології лікарських форм, формуючи цілісне розуміння фармацевтичних процесів.

Для здобувачів спеціальності «Стоматологія» STEM-освіта є не менш важливою. Фізичні закономірності лежать в основі роботи стоматологічного обладнання (турбін, рентген-апаратів, лазерних систем), матеріалознавства (міцність, термостійкість, оптичні властивості матеріалів для пломб і протезів) та біомеханіки щелепно-лицьової системи. Використання STEM-технологій у навчанні дозволяє студентам не просто запам’ятовувати формули, а розуміти, як вони застосовуються у професійній діяльності — під час зняття відбитків, підбору ортопедичних конструкцій, чи використання інноваційних технологій 3D-друку в стоматології.

Під час проведення експерименту здобувачами освіти вивчався розділ «Механіка». Педагогічний експеримент складався з таких етапів:

1. Констатувальний етап. На цьому етапі було проведено первинне оцінювання рівня знань і розуміння фізичних закономірностей, пов’язаних із

механічною енергією та її перетворенням. Здобувачам освіти були запропоновані самостійні роботи, які проводились на початку експерименту, а також контрольна робота у його підсумку. Це дало змогу визначити вихідний рівень підготовки та виявити проблемні питання.

2. Пошуковий етап. Здобувачі освіти спільно з викладачем визначали ефективні методи вивчення теми, шукали можливості застосування міждисциплінарних зв’язків (фізика – механіка – енергетика – екологія). На цьому етапі студенти працювали над мініпроєктами, аналізували типи електростанцій та механічні принципи їхньої роботи (гідротурбіни, вітрові установки, теплові двигуни).

3. Формувальний етап. Центральною частиною експерименту стало проведення відкритого уроку «Енергія майбутнього: як працюють електростанції», під час якого здобувачі освіти демонстрували свої знання в інтерактивній формі — розв’язували експериментальні та творчі завдання, брали участь у бліц-опитуваннях і виконували демонстраційні досліди. Особливу увагу було приділено практичному завданню — створенню моделі електростанції, у якій механічна енергія руху перетворювалась в електричну (наприклад, макет вітрогенератора або водяної турбіни). Під час виконання проєкту студенти застосовували знання з механіки, електрики, технологій і математики, тобто реалізовували основні принципи STEM-навчання.

4. Контрольний етап. На завершальному етапі проводилась перевірка та аналіз результатів експериментального дослідження. Було здійснено порівняння показників навчальних досягнень на початку та в кінці експерименту, а також проведено анкетування учасників щодо їхньої мотивації, зацікавленості та ставлення до STEM-уроків. Результати експерименту засвідчили підвищення рівня пізнавальної активності, покращення розуміння міжпредметних зв’язків, зростання вмінь застосовувати механічні закономірності для пояснення роботи енергетичних систем і підвищення якості навчальних результатів.

Метою педагогічного експерименту було перевірити ефективність

застосування STEM-підходу під час вивчення теми «Енергія майбутнього: як працюють електростанції» у здобувачів освіти закладу фахової передвищої освіти. Експеримент спрямовувався на формування в студентів глибокого розуміння фізичних процесів перетворення енергії, розвиток умінь практично застосовувати теоретичні знання, здійснювати елементарні наукові дослідження, працювати в команді та приймати технічно обґрунтовані рішення. Студенти 1.925 Ф, окрім вивчення і засвоєння навчального матеріалу, який подавався на занятті (теорія і задачі), брали участь у відкритому уроці «Енергія майбутнього: як працюють електростанції» протягом 2-х місяців. Студенти 1.925 СО(А) вивчали і засвоювали навчальний матеріал за стандартною програмою.

Для порівняння початкового рівня навчальних досягнень студентів в ЕГ і КГ нами було проведено самостійну роботу на початку педагогічного експерименту. Її зміст включав такі поняття: кінематика, види руху, обертовий рух, динаміка, сили в динаміці, види механічної енергії, сила струму, напруга, закон Кулона, електростатичні сили, постійний електричний струм, електрична ємність, конденсатор. Студенти вивчають програму розділу «Електричне поле. Електричний струм» двічі: у 8 класі на базовому рівні та у 11 (на другому курсі) класі – більш поглиблено. Цю самостійну роботу було проведено на основі знань студентів за 8 клас.

Для з’ясування педагогічного впливу авторського відкритого уроку на формування навчальних компетентностей студентів з фізики, зокрема з розділу «Механіка» та «Електричне поле. Закони постійного струму», нами була проведена підсумкова самостійна робота за темами цього розділу. Вона складалась з 17 завдань. Завдання 1–8 оцінювалось в 0,5 балів, 9–12 – в 1 бал, 13–16 – в 2 бали, 17 – в 4 бали. Максимальна кількість балів – 20. Якщо набрано 1–5 балів – то учень отримував незадовільну оцінку (низький рівень), за 6–10 балів – задовільна оцінка (середній рівень), 11–15 балів – добре (достатній рівень), 16–20 – відмінно (високий рівень).

На виконання самостійних робіт було відведено 60 хвилин.

Отже, проведення педагогічного експерименту показало рівень знань студентів до проведення експерименту та після нього.

3.2 Аналіз результатів експериментального впровадження відкритого STEM-підходу

Для з'ясування педагогічного впливу запровадженого відкритого уроку «Енергія майбутнього: як працюють електростанції» нами було проведено аналіз самостійних робіт, які проводились на початку та в кінці педагогічного експерименту.

Проаналізовано рівень навчальних досягнень студентів з фізики на початку педагогічного експерименту за результатами самостійної роботи №1 (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Рівень навчальних досягнень студентів з фізики на початку експерименту

Рівень підготовки	**Учні КГ**	**Учні ЕГ**
Початковий	4	3
Середній	7	3
Достатній	4	2
Високий	2	1

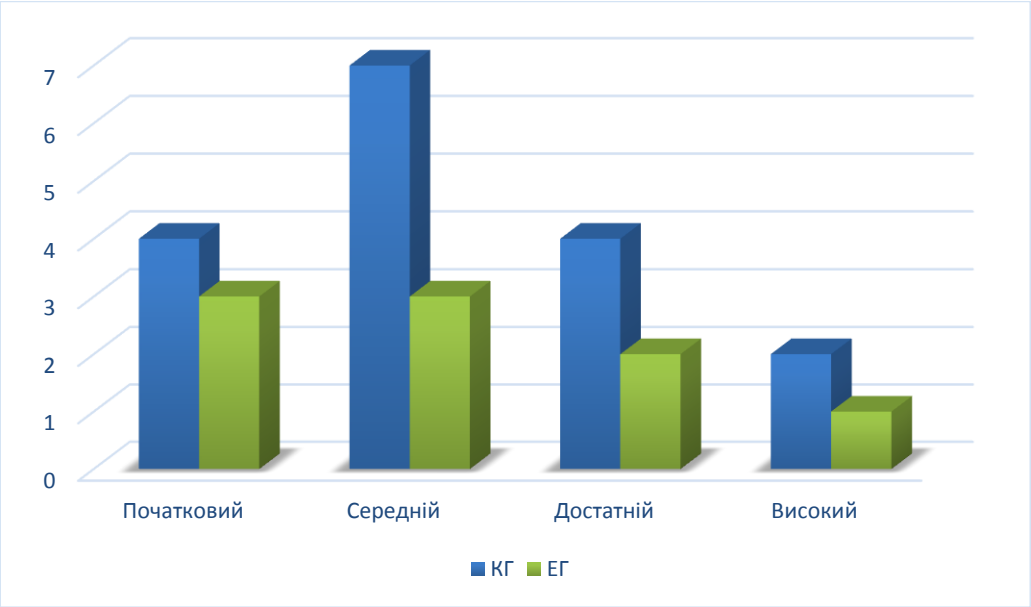


Рисунок 3.1 – Співвіднесення результатів навчальних досягнень студентів ЕГ та КГ з фізики

Як бачимо, рівень підготовки студентів з обох груп приблизно однаковий. Тому отримані результати після проведення педагогічного експерименту можна вважати досить точними.

Кількісний статистичний аналіз результатів педагогічного експерименту на початку дослідження проведено за методикою поданою у монографії А. М. Андрєєва [33].

Для перевірки відсутності статистичної значущості відмінностей у рівнях предметної підготовленості студентів експериментальної та контрольної вибірок (на початку експериментального навчання) використано критерій однорідності χ^2 («хі квадрат»). Такий вибір критерію обумовлений тим, що розподіл індивідуальних показників предметної підготовленості представлений за допомогою порядкової шкали з малою кількістю градацій.

Таблиця 3.2 – Результати виконання студентами самостійної роботи на початку експериментального дослідження

Рівні	**Контрольна вибірка**	**Експериментальна вибірка**

предметної підготовленості	**($n_1 = 17$)**		**($n_2 = 9$)**	
	n_{1i}	(n_{1i}/n_1), %	n_{2i}	(n_{2i}/n_2), %
Низький (рівень 1)	4	23,52	3	33,33
Достатній (рівень 2)	11	64,70	5	55,55
Високий (рівень 3)	2	11,76	1	11,11

Характеристикою вибірок у нашому випадку є кількість (абсолютна або відносна) студентів, які мають певний рівень підготовленості. Введемо позначення: p_{1i} $(i = 1, 2, 3)$ – імовірність того, що випадково вибраний студент *контрольної* вибірки має *i*-й рівень предметної підготовленості; p_{2i} $(i = 1, 2, 3)$ – імовірність того, що студент *експериментальної* вибірки має *i*-й рівень предметної підготовленості. З урахуванням цих позначень, формулювання нульової (H_0) та альтернативної (H_1) гіпотез були подані в наступному варіанті:

H_0: $p_{1i} = p_{2i}$ для всіх рівнів підготовленості ($p_{11} = p_{21}, p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$). Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях предметної підготовленості на початку експерименту.

H_1: $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для одного з рівнів.

Для перевірки нульової гіпотези використано дані табл. 3.2. Емпіричне значення критерію у випадку двох вибірок знаходиться за формулою :

$$\chi^2_{\text{емп}} = n_1 \cdot n_2 \sum_{i=1}^{L} \frac{(\frac{n_{1i}}{n_1} - \frac{n_{2i}}{n_2})^2}{n_{1i} + n_{2i}}. \qquad (3.1)$$

де n_1, n_2 – обсяги контрольної та експериментальної вибірок відповідно;

n_{1i}, n_{2i} – кількість студентів контрольної та експериментальної вибірок, які мають *i*-й рівень предметної підготовленості (у нашому випадку число рівнів $L = 3, i = 1, 2, 3$);

n_{1i}/n_1, n_{2i}/n_2 – відносна кількість студентів контрольної та експериментальної вибірок, які мають *i*-й рівень предметної підготовленості.

$$\chi^2_{\text{емп}} = 17 \cdot 9 \left[\frac{(0{,}23 - 0{,}33)^2}{4+3} + \frac{(0{,}64 - 0{,}55)^2}{11+5} + \frac{(0{,}11 - 0{,}11)^2}{2+1} \right] = 0{,}29.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0{,}05$ знаходимо за розподілом χ^2 з $\nu = L - 1 = 3 - 1 = 2$ ступенями вільності $\chi^2_{\text{кр}} = 5{,}99$.

Оскільки $\chi^2_{\text{емп}} < \chi^2_{\text{кр}}$ $(0{,}29 < 5{,}99)$, то згідно з правилом прийняття рішень для критерію χ^2, немає підстав для відхилення нульової гіпотези. Отже, до початку експерименту студенти контрольної та експериментальної вибірок не мали статистично значущих відмінностей у рівнях предметної підготовленості. Це засвідчило правомірність залучення цих вибірок до подальшого педагогічного дослідження щодо з'ясування ефективності розроблених методичних засад розвитку творчих здібностей в учнів.

Під час проведення педагогічного експерименту навчання відбувалось в дистанційному форматі. Студенти контрольної групи здобували знання за традиційною системою, вивчали теоретичний та практичний матеріал за наданими їм матеріалами та підручниками. Експериментальна група не тільки засвоювала теоретичні знання, а й застосовували їх на практиці, беручи участь у відкритому уроці «Енергія майбутнього: як працюють електростанції». Результати другої самостійної роботи наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати самостійної роботи після проведеного експерименту

Оцінка	Учні КГ	Учні ЕГ
1-3	5	0
4-6	9	3
7-9	2	2
10-12	1	4

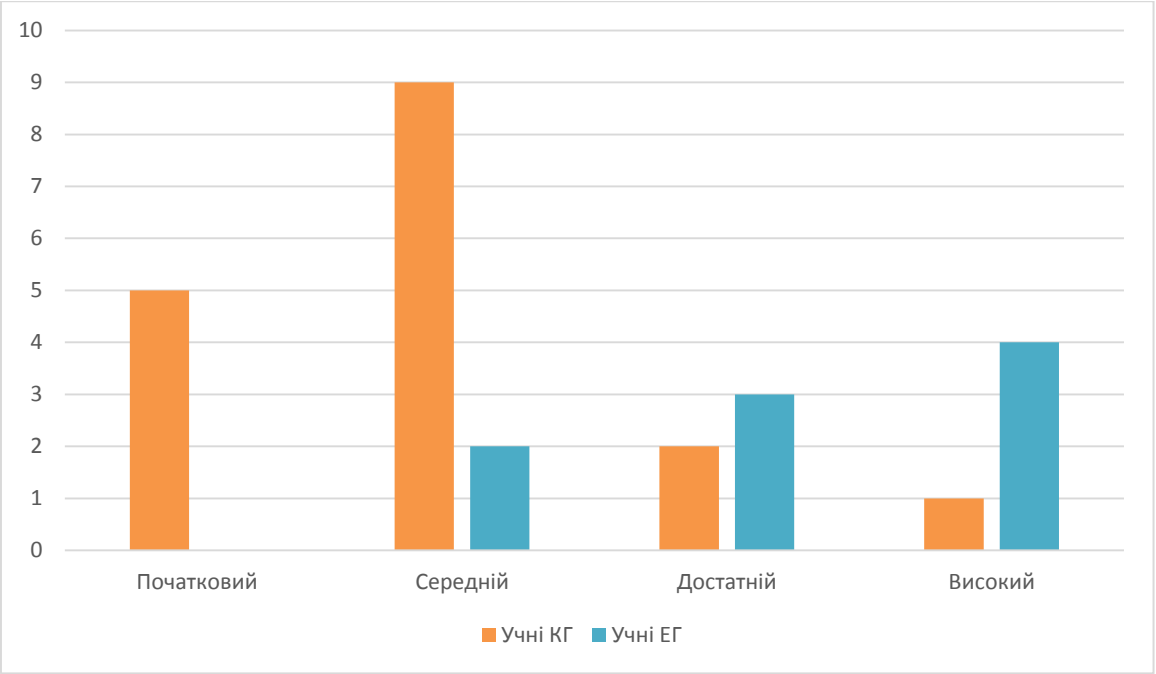


Рисунок 3.2 – Співставлення оцінок за самостійну роботу в експериментальній та контрольній групах

Аналізуючи отримані результати видно, що учні експериментальної групи впорались із виконанням другої самостійної роботи краще, ніж учні з контрольної групи.

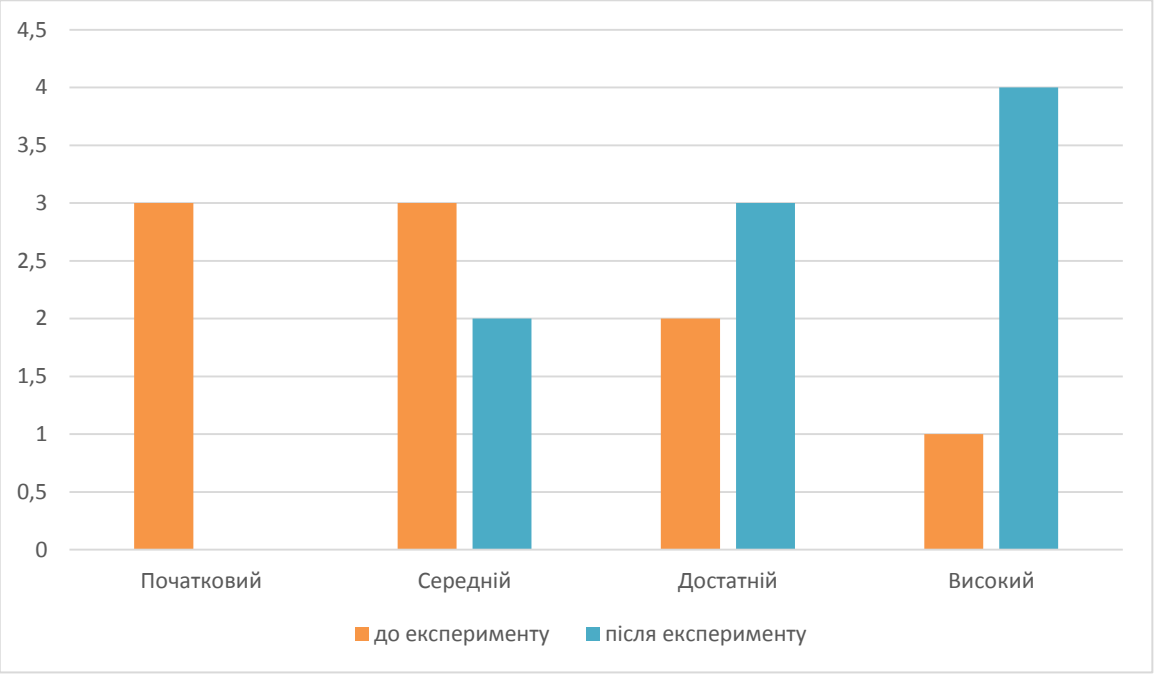


Рисунок 3.3 – Рівень знань учнів ЕГ до та після експерименту

Таблиця 3.5 – Результати виконання студентами самостійної роботи в кінці експериментального дослідження

Рівні предметної підготовленості	**Контрольна вибірка ($n_1 = 17$)**		**Експериментальна вибірка ($n_2 = 9$)**	
	n_{1i}	(n_{1i}/n_1), **%**	n_{2i}	$(n_{2i}/\ n_2)$, **%**
Низький (рівень 1)	5	23,52	0	0,0
Достатній (рівень 2)	11	70,58	5	66,66
Високий (рівень 3)	1	5,88	4	33,33

Для формулювання статистичних гіпотез введено позначення: p_{1i}, p_{2i} $(i = 1, 2, 3)$ – імовірність того, що випадково вибраний студент відповідно контрольної та експериментальної вибірки має *i*-й рівень сформованості готовності до організації інноваційної діяльності учнів. Гіпотези:

H_0: $p_{1i} = p_{2i}$ для всіх рівнів підготовленості ($p_{11} = p_{21}, p_{12} = p_{22}$, $p_{13} = p_{23}$). Це означатиме, що студенти контрольної та експериментальної вибірок не мають статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості розглядуваної готовності;

H_1: $p_{1i} \neq p_{2i}$ хоча б для одного з рівнів.

Емпіричне значення критерію знайдено за формулою (3.1) з використанням даних табл. 3.4

$$\chi^2_{\text{емп}} = 17 \cdot 9 \left[\frac{(0{,}29 - 0)^2}{5 + 0} + \frac{(0{,}64 - 0{,}55)^2}{11 + 5} + \frac{(0{,}05 - 0{,}44)^2}{1 + 4}\right] = 7{,}3.$$

Критичне значення критерію при рівні значущості $\alpha = 0{,}05$ знаходимо за розподілом χ^2 з $\nu = 2$ ступенями вільності $\chi^2_{\text{кр}} = 5{,}99$.

Оскільки $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ $(7{,}63 > 5{,}99)$, нульову гіпотезу відхилено. Тобто відмінності в рівнях предметної підготовленості у студентів контрольної та експериментальної вибірок значущі. Отже, результати експериментального навчання засвідчили ефективність розроблених методичних засад розвитку творчих здібностей в учнів.

З наведених даних бачимо, що рівень знань студентів експериментальної групи підвищився. В межах вивчення однієї теми три студенти, що мали низький рівень підвищили його до середнього та достатнього, також три студенти з достатнім рівнем знань отримали 10-12 балів. Якість знань зросла , що є досить непоганим результатом.

Отже, впроваджено в освітній процес з фізики запропоновані методичні засади щодо проведення авторського відкритого уроку «Енергія майбутнього: як працюють електростанції». Педагогічний експеримент довів ефективність цих засад, що дає підстави на подальше використання їх на інші теми шкільного курсу фізики.

ВИСНОВКИ

У роботі наведено теоретико-методичне обґрунтування та авторське розв'язання проблеми застосування STEM-підходу в інтегрованому навчанні фізики та астрономії у закладах фахової передвищої освіти. Узагальнення результатів дослідження є підставою для таких висновків.

1. Виокремлено складові проблеми проведення уроків фізики та астрономії за методикою STEM-спрямування в умовах дистанційного навчання: зниження мотивації учнів до участі, складність у забезпеченні об'єктивного оцінювання та комунікації між учасниками і педагогами, недотримання академічної доброчесності, відсутність необхідного обладнання.

2. Розроблено освітній захід – відкритий урок «Енергія майбутнього: як працюють електростанції», який спрямований на стимулювання інтересу до фізики та розвиток творчих і наукових здібностей здобувачів освіти. Урок дозволяє залучати широку аудиторію, гнучка організаційна модель дає змогу його проводити як за умови очного, так і дистанційного навчання.

3. Виділено педагогічні умови проведення уроків фізики та астрономії із використанням STEM-підходу: структурування за основними етапами: розв'язування домашніх задач, відповіді на бліц-питання та виконання демонстраційного завдання, конструювання відповідних макетів; використання завдань різних типів (зокрема, теоретичних, експериментальних, винахідницьких, конструкторських задач); залучення здобувачів освіти до активної діяльності під час підготовки до уроку.

4. Експериментальне впровадження авторського відкритого уроку «Енергія майбутнього: як працюють електростанції» в освітній процес закладів фахової передвищої освіти засвідчило позитивний педагогічний ефект. Зокрема, статистичний аналіз результатів, що здійснювався з застосуванням критерію Пірсона (χ^2), виявив на завершальному етапі експерименту значущі відмінності в рівнях сформованості предметної компетентності з фізики у

студентів контрольної та експериментальної груп. Нульову гіпотезу про відсутність у студентів контрольної та експериментальної груп статистично значущих відмінностей у рівнях сформованості зазначеної готовності було відхилено при рівні значущості $\alpha = 0{,}05$ на підставі виконання умови $\chi^2_{\text{емп}} > \chi^2_{\text{кр}}$ $(7{,}3 > 5{,}99)$. Цей результат дозволяє стверджувати, що урок є придатним підґрунтям для розвитку у здобувачів освіти творчих здібностей, креативності, експериментаторських умінь, а також сприяє популяризації фізики як науки; активізації творчої діяльності здобувачів освіти.

У подальшому ми плануємо розробити методичні рекомендації з організації уроків фізики та астрономії для вчителів STEM-предметів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.11.2011 р. №1392. Дата оновлення : 26.02.2020. 77 с. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1392-2011-%D0%BF#Text (дата звернення 20.08.2025).

2. Федоренко О. В. STEM-освіта в Україні: стан, проблеми, перспективи розвитку. Освітологічний дискурс, 2020.

3. Євтушенко М. Б., Петренко, Л. І. Впровадження STEM-освіти у навчальний процес. Наукові записки, 2019.

4. Жук Ю. О. Інтеграція фізики та астрономії у системі STEM-освіти. Фізика та астрономія в школі, 2022.

5. Аджаєв І. О. Цифрові технології у STEM-освіті. Освіта і наука, 2021.

6. Морзе Н. В., Гуржій А. М. STEM-освіта: інтеграція наук у навчальному процесі. Київ.: Інститут модернізації змісту освіти, 2019.

7. Панченко Л. Ф. Міждисциплінарна інтеграція у STEM-освіті. Педагогіка і психологія, 2021.

8. Семеніхіна О. В. STEM-освіта в Україні: виклики і можливості. – Освіта і технології, 2020.

9. Ліскович О. О. Методичні основи реалізації STEM-підходу у фізичній освіті. Вісник педагогічних наук, 2022.

10. Петренко Л. І. Сучасні підходи до інтеграції природничих дисциплін у закладах передвищої освіти. Наукові записки, 2023.

11. Sanders M. The STEM education definition. Technology Teacher, 2009.

12. Bybee R. W. The Case for STEM Education. NSTA Press, 2013.

13. English L. D. STEM education: Perspectives on integration.

International Journal of STEM Education, 2016.

14. Поліхун Н. І. Проєктна діяльність у STEM-освіті: методичні аспекти. Освітній простір, 2022.

15. Ткаченко І. А. Дослідницькі методи у STEM-навчанні. Фізика та астрономія в школі, 2021.

16. МОН України. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти. Київ, 2020.

17. Сірик Е. П., Сальник І. В., Соменко Д. В. Інтерактивні методи навчання у розвитку критичного мислення учнів з фізики. *Засоби і технології сучасного навчального середовища* : Матеріали XV (XXV) міжнародної науково- практичної конференції (м. Кропивницький, 17-18 травня 2019 року). Кропивницький. 2019. С. 16-18.

18. Моісєєнко М. С. Інтерактивні технології як засіб підвищення ефективності навчального процесу на уроках фізики. *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання* : Збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів і молодих учених (7 грудня 2023 р., м. Чернігів). 2023. С. 110-111.

19. Садовий М. І., Пташко О. О. Методика формування креативного мислення студентів фахової передвищої освіти у процесі навчання фізики. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, (201), 2021. С. 28-31. https://doi.org/10.36550/2415-7988-2021-1-201-28-31.

20. Ткаченко І. А. Вивчення фізики засобами інноваційних технологій навчання. URL: http://surl.li/flmvp (дата звернення 27.08.2025)

21. Поліхун Н. І. Розвиток творчої діяльності старшокласників у процесі навчання фізики з використанням проектної технології 2007 року : автореф. дис… канд. пед. наук: 13.00.02 / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2007. 25 с.

22. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 р. № 2145-VIII. Верховна Рада України. [Електронний ресурс]. URL:

https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145- 19#Text (дата звернення: 25.08.2025).

23. Деякі питання організації дистанційного навчання: наказ Міністерства освіти і науки України від 08.09.2020 №1115, Міністерство юстиції України 28 вересня 2020 р. за №941/35224.

24. Лотоцька А., Пасічник О. Методичні рекомендації : організація дистанційного навчання в школі. URL : https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/metodichni%20recomendazii/2020/metodichni%20recomendazii-dustanciyna%20osvita-2020.pdf (дата звернення: 30.08.2025).

25. НаУрок : Сучасний урок фізики: мотивація, проєктна діяльність, поради для дистанційного навчання. URL: https://naurok.com.ua/webinar/suchasniy- urok-fiziki-motivaciya-proektna-diyalnist-poradi-dlya-distanciynogo-navchannya (дата звернення: 30.08.2025).

26. НаУрок : Організація проєктної діяльності в умовах дистанційного та змішаного навчання: технічний і психологічний аспекти. URL: https://naurok.com.ua/webinar/organizaciya-proektno-diyalnosti-v-umovah- distanciynogo-ta-zmishanogo-navchannya-tehnichniy-i-psihologichniy-aspekti(дата звернення: 30.08.2025).

27. Кравчук О. М. Методична розробка на тему «Використання інноваційних технологій на уроках фізики». Вінниця. 2021.URL: https://naurok.com.ua/vikoristannya-innovaciynih-tehnologiy-na-urokah-fiziki-246977.html (дата звернення 03.09.2025).

28. Овчаренко В. П., Костіков О. П., Олійник Р. В. Інноваційні технології навчання фізики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико- математичної і технологічної освіти.* 2013. Т. 2, вип 4, С. 174-178.

URL:https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZPMFMTO/article/viewFile/408/396 (дата звернення 15.08.2025).

29. Возна В. В., Величко С. П. Сучасні інноваційні технології у

навчанні фізики в середній школі. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико- математичної і технологічної освіти.* 2013. Вип. 3. С. 52-56. URL:https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/NZPMFMTO/article/view/95/91 (дата звернення 27.08.2025).

30. Наказ Міністерства освіти і науки України від 25.04.2013 № 466 «Про затвердження Положення про дистанційне навчання». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text (дата звернення 01.09.2025).

31. Гельфгат І. М., Генденштейн Л. Е., Кирик Л. А. 1001 задачі з відповідями, розв'язками. Вид. 5-те. Харків : Гімназія, 2014. 352 с.

32. Фізика : підруч. для 8 кл. загальноосвіт. навч. закл. / [В. Г. Бар'яхтар, Ф. Я. Божинова, С. О. Довгий, О. О. Кірюхіна]; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Харків. : Вид-во «Ранок», 2016. 240 с

33. Андрєєв А. М. Підготовка майбутнього вчителя фізики до організації інноваційної діяльності учнів у навчальному процесі : монографія. Запоріжжя : Статус, 2018. 380 с.

34. Стецик С. П. Інноваційні технології як засіб індивідуалізації навчальної діяльності учнів з фізики. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія : Педагогічна.* 2014. Вип. 20. С. 14-117. URL:https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/625926.pdf (дата звернення 30.08.2025).

35. Фізика : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. / [В. Г. Бар'яхтар, С. О. Довгий]; за ред. В. Г. Бар'яхтара, С. О. Довгого. Харків. : Вид-во «Ранок», 2018. 272 с

36. Засекіна Т.М., Засекін Д.О. Фізика : підруч. для 10 кл. загальноосвіт. навч. закл. Київ: УОВЦ «Оріон», 2018. 24 с

37. Марчук О. В. STEM-освіта: теорія та практика впровадження. Київ : Педагогічна думка, 2020. 144 с

38. Гриневич Л. М., Коновальчук І. В. Інтеграція природничих дисциплін у STEM-освіті. Київ : МОН, 2018. – 92 с.

39. Бурда М. І., Коломоєць Н. Ф. Методика навчання фізики у закладах фахової передвищої освіти. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 216 с

40. Кучеренко Л. Фізика: підручник для студентів коледжів. Харків : Ранок, 2020. 320 с.

41. Гільдерман О. В. STEM-проєкти в освіті: методичні рекомендації. Київ : ІОТ МОН України, 2021. 64 с.

42. Мельниченко О. М. Дослідницька діяльність здобувачів освіти у процесі навчання фізики. Одеса : ПНПУ, 2020. 156 с.

43. Енергетика України: аналітичний огляд / За ред. Г. Риженка. Київ : НАН України, 2021. 188 с.

44. Шарко В. Д. Педагогічний експеримент у фізико-технічній освіті. Херсон : ХДУ, 2020. 102 с.

45. STEM- світ інноваційних можливостей : науково-методичний посібник / уклад. : Буряк О. О. та ін. Харків : Друкарня Мадрид, 2019. 64 с.