



УДК 37.016:51+53:004:159.955

[https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-4\(46\)-3056-3071](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2026-4(46)-3056-3071)

Фонарюк Олена Василівна кандидат педагогічних наук, завідувач кафедри алгебри та геометрії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0001-7879-5884>

Брославська Галина Михайлівна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри математики та фізики, Комунальний заклад "Харківська гуманітарно-педагогічна академія" Харківської обласної ради, м. Харків, <https://orcid.org/0000-0002-9839-4604>

Чемерис Ольга Анатоліївна кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри алгебри та геометрії, Житомирський державний університет імені Івана Франка, м. Житомир, <https://orcid.org/0000-0002-7099-1095>

МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ STEM-ПІДХОДУ НА ЗАНЯТТЯХ З МАТЕМАТИКИ ТА ФІЗИКИ ДЛЯ РОЗВИТКУ КРЕАТИВНОГО МИСЛЕННЯ ТА ІННОВАЦІЙНОСТІ

Анотація. У статті досліджено теоретичні та методичні засади впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики в закладах освіти з метою розвитку креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти. Метою дослідження є обґрунтування педагогічних умов та розроблення методики реалізації STEM-підходу, що забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності учнів (студентів).

Методологічну основу дослідження становлять методи теоретичного аналізу наукових джерел, порівняння, узагальнення та систематизації педагогічних підходів до організації освітнього процесу. Застосовано також структурно-функціональний аналіз для обґрунтування моделі впровадження STEM-підходу.

У результаті дослідження визначено ключові відмінності між традиційним навчанням і STEM-підходом, що полягають у переході від знанняцентричної до компетентнісно-діяльній моделі освіти. Обґрунтовано педагогічні умови ефективного впровадження STEM-підходу, зокрема інтеграцію навчального змісту, використання проектних, проблемних і дослідницьких методів, а також застосування цифрових технологій та організацію колаборативної діяльності учнів (студентів). Розроблено циклічну модель реалізації STEM-підходу у навчанні математики та фізики, яка передбачає послідовність взаємопов'язаних



етапів освітнього процесу та забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності. Встановлено, що впровадження запропонованої методики сприяє розвитку здатності учнів (студентів) до постановки проблем, висунання гіпотез, генерації альтернативних рішень та їх практичного застосування.

Наукова новизна дослідження полягає у розробленні та обґрунтуванні циклічної моделі впровадження STEM-підходу як цілісної педагогічної системи, орієнтованої на розвиток креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої методики, моделі та системи педагогічних умов у практиці навчання математики та фізики, а також у процесі підготовки та підвищення кваліфікації педагогічних працівників.

Ключові слова: STEM-підхід, міжпредметна інтеграція, освітній процес, проєктне навчання, дослідницька діяльність, математичне моделювання, фізичний експеримент, креативне мислення, інноваційність, педагогічні умови.

Olena Fonariuk Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Algebra and Geometry, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0001-7879-5884>

Halyna Broslavska Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics, Municipal Establishment "Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy" of the Kharkiv Regional Council, Kharkiv, <https://orcid.org/0000-0002-9839-4604>

Olha Chemerys Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Algebra and Geometry, Zhytomyr Ivan Franko State University, Zhytomyr, <https://orcid.org/0000-0002-7099-1095>

METHODOLOGY OF STEM APPROACH IMPLEMENTATION IN MATHEMATICS AND PHYSICS EDUCATION FOR DEVELOPING CREATIVE THINKING AND INNOVATIVENESS

Abstract. The article examines the theoretical and methodological foundations of implementing the STEM approach in teaching mathematics and physics in education institutions with the aim of developing students' creative thinking and innovativeness. The purpose of the study is to substantiate the pedagogical conditions and to develop a methodology for implementing the STEM approach that ensures the integration of theoretical knowledge and students' practical activities.

The methodological framework of the study is based on methods of theoretical analysis of scientific sources, comparison, generalization, and systematization of



pedagogical approaches to the organization of the educational process. A structural and functional analysis was also applied to substantiate the model of STEM approach implementation.

The results of the study identify key differences between traditional teaching and the STEM approach, which are manifested in the transition from a knowledge-centered model to a competency-based and activity-oriented model of education. The pedagogical conditions for the effective implementation of the STEM approach are substantiated, including the integration of educational content, the use of project-based, problem-based, and inquiry-based methods, as well as the application of digital technologies and the organization of collaborative student activities. A cyclical model of STEM approach implementation in teaching mathematics and physics has been developed, which provides a sequence of interconnected stages of the educational process and ensures the integration of theoretical knowledge and practical activities. It has been established that the implementation of the proposed methodology contributes to the development of students' ability to identify problems, formulate hypotheses, generate alternative solutions, and apply them in practice.

The scientific novelty of the study lies in the development and substantiation of a cyclical model for implementing the STEM approach as an integral pedagogical system aimed at developing students' creative thinking and innovativeness.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of applying the proposed methodology, model, and system of pedagogical conditions in the practice of teaching mathematics and physics, as well as in teacher training and professional development.

Keywords: STEM approach, interdisciplinary integration, educational process, project-based learning, inquiry-based learning, mathematical modeling, physical experiment, creative thinking, innovativeness, pedagogical conditions.

Постановка проблеми. Сучасна вітчизняна система освіти орієнтується на формування в учнів (студентів) не лише предметних знань із математики та фізики, а й здатності до творчого розв'язання проблем, міжпредметного мислення, ініціативності та готовності застосовувати знання в практичних ситуаціях. За таких умов особливої ваги набуває STEM-підхід, який забезпечує інтеграцію математичних, фізичних, технологічних і прикладних компонентів навчання в єдину систему діяльнісного пізнання. Водночас у шкільній практиці викладання математики та фізики досить поширеним залишається переважання репродуктивних методів навчання, орієнтованих переважно на відтворення формул, алгоритмів і типових способів розв'язування задач, що не повною мірою сприяє розвитку креативного мислення та інноваційності учнів (студентів). Це зумовлює потребу в науково обґрунтованій методиці впровадження STEM-підходу саме на заняттях з математики та фізики, де існує значний потенціал для



поєднання теоретичних знань із дослідницькою, проєктною та практико-орієнтованою діяльністю. Актуальність дослідження посилюється також необхідністю уточнення методичних засад організації таких занять у контексті компетентнісної моделі середньої освіти, оскільки питання цілеспрямованого розвитку креативного мислення та інноваційності учнів (студентів) засобами інтегрованого STEM-навчання ще не отримало достатньо конкретного висвітлення в аспекті одночасного викладання математики й фізики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчує зростання інтересу до STEM-освіти як інтегрованого підходу до організації освітнього процесу, спрямованого на формування ключових компетентностей, креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти.

У дослідженні Трегуб і Скібчик [1] STEM-освіта розглядається як важливий компонент підготовки майбутніх учителів, із акцентом на формуванні практичних умінь і професійних компетентностей. Нестеренко, Мицик і Петрик [2] розширюють цей підхід, аналізуючи системні виклики та можливості впровадження STEM-освіти в Україні. Зарубіжні систематичні огляди Margot і Kettler [3] та Thibaut та ін. [4] деталізують проблематику інтеграції STEM, зокрема через дослідження сприйняття вчителями STEM-підходу та аналіз ефективних інструкційних практик у середній освіті. На відміну від них, Дрокіна [5] розглядає STEM-освіту у контексті реалізації концепції Нової української школи, підкреслюючи її роль у переході до компетентнісної моделі навчання. Спільним для зазначених праць є орієнтація на інтеграцію змісту освіти та розвиток практико-орієнтованих умінь, тоді як відмінності полягають у фокусі дослідження - від педагогічної підготовки до системних освітніх трансформацій.

Подальший розвиток проблематики представлений у зарубіжних дослідженнях, що мають емпіричний та узагальнюючий характер. López-Belmonte та ін. [6] здійснюють порівняльний аналіз STEM-орієнтованого та традиційного навчання, доводячи ефективність першого у формуванні компетентностей і підвищенні навчальної активності учнів (студентів). У систематичному огляді Vanate і Vauyot [7] акцент зроблено на міждисциплінарній інтеграції як основі розвитку здатності до розв'язання комплексних проблем, тоді як Сао та ін. [8] у метааналізі доводять позитивний вплив STEM-освіти на навчальні результати та когнітивний розвиток учнів (студентів). Водночас огляд Кауан-Fadlelmula та ін. [14] виявляє існуючі бар'єри та прогалини у впровадженні STEM-освіти, а Khalid та ін. [15] підкреслюють зростаючу роль цифрових технологій як ключового інструменту реалізації STEM-підходу. Узагальнюючи, зазначені дослідження підтверджують ефективність STEM-освіти, проте мають переважно узагальнений характер і недостатньо конкретизують методику її реалізації у навчанні окремих дисциплін.

Вітчизняні дослідження деталізують методичні та організаційні аспекти впровадження STEM-підходу. Нікітченко [9] доводить, що STEM-освіта сприяє



розвитку дослідницьких навичок через інтеграцію дисциплін і використання дослідницьких методів навчання. Кононец, Даниско і Бабенко [10] акцентують увагу на ресурсно-орієнтованій моделі розвитку педагогічної майстерності, підкреслюючи значення освітнього середовища. Кириленко та ін. [11] розглядають STEM-освіту в контексті фахової підготовки майбутніх учителів, зосереджуючись на ролі цифрових технологій і проектної діяльності. Hallström, Norström і Schönborn [12] розширюють розуміння STEM-підходу через концепцію автентичного навчання на основі моделювання, тоді як Сороко [13] акцентує увагу на розвитку вчителя-лідера в умовах STEAM-орієнтованого середовища. Якщо у працях Нікітченко [9] та Кириленка та ін. [11] домінує методичний аспект, то у дослідженнях Кононец та ін. [10] і Сороко [13] більш виразно представлено організаційно-ресурсний і професійно-педагогічний вимір.

Порівняльний аналіз джерел дозволяє виокремити спільні положення: необхідність міждисциплінарної інтеграції навчального змісту [1]–[8], [12], [14], використання діяльнісних методів навчання (проектних, проблемних, дослідницьких) [6]–[9], [11], а також важливість цифрового середовища, матеріально-технічного забезпечення та трансформації ролі вчителя [9]–[13], [15]. Водночас відмінності між підходами полягають у ступені конкретизації методики: частина досліджень має загальнотеоретичний або оглядовий характер [2]–[4], [7], [8], [14], [15], інші - зосереджуються на підготовці педагогів [1], [9]–[11], [13] або окремих методичних аспектах реалізації STEM-підходу [6], [12].

Попри значний доробок учених, невирішеним залишається питання розроблення цілісної методики впровадження STEM-підходу саме у навчанні математики та фізики в закладах освіти, яка б поєднувала педагогічні умови, методи організації освітнього процесу, етапну логіку реалізації та була орієнтована на розвиток креативного мислення й інноваційності здобувачів освіти.

Мета статті полягає у теоретичному обґрунтуванні та розробленні методики впровадження STEM-підходу на заняттях з математики та фізики у закладах освіти, спрямованої на розвиток креативного мислення та інноваційності учнів (студентів).

Виклад основного матеріалу. У межах проведеного теоретико-методичного дослідження отримано такі результати: обґрунтовано педагогічні умови ефективного впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики; систематизовано методи STEM-орієнтованого навчання та визначено особливості їх реалізації в освітньому процесі; розроблено циклічну модель реалізації STEM-підходу як цілісної педагогічної системи, що забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності та спрямована на розвиток креативного мислення й інноваційності здобувачів освіти.

Досягнення поставленої мети зумовлює необхідність комплексного розгляду теоретичних засад та практичних аспектів впровадження STEM-підходу у



навчанні математики та фізики в закладах освіти. З огляду на сучасні тенденції розвитку освітньої галузі, пріоритетного значення набуває інтеграція навчального змісту, орієнтація на діяльнісний характер освітнього процесу та створення умов для розвитку креативного мислення й інноваційності учнів (студентів). У межах дослідження обґрунтовано педагогічні умови ефективного застосування STEM-підходу, розроблено відповідну методику його впровадження на заняттях з математики та фізики, а також визначено особливості її реалізації та оцінювання результативності.

З метою поглиблення розуміння сутності STEM-підходу та обґрунтування доцільності його впровадження у навчанні математики та фізики доцільно здійснити порівняльний аналіз його ключових характеристик із традиційною моделлю навчання. Такий підхід дозволяє виявити принципові відмінності у концептуальних засадах, організації освітнього процесу, характері пізнавальної діяльності учнів (студентів) та очікуваних результатах навчання. Узагальнення наукових підходів і педагогічної практики дало змогу систематизувати зазначені відмінності за основними дидактичними критеріями, що представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика сутності STEM-підходу та традиційного навчання

Критерій	Традиційне навчання	STEM-підхід
Концептуальна основа	Знанняцентрикований підхід, орієнтований на передачу та засвоєння системи наукових фактів і закономірностей	Інтегрований компетентнісний підхід, спрямований на застосування знань у процесі розв'язання практичних і дослідницьких завдань
Організація змісту освіти	Дисциплінарна ізольованість, послідовне вивчення окремих предметів	Міждисциплінарна інтеграція змісту з формуванням цілісної картини світу
Характер пізнавальної діяльності	Відтворення знань, виконання типових алгоритмів	Конструювання знань, дослідження, моделювання, експериментування
Тип мислення, що формується	Конвергентне, алгоритмічне	Дивергентне, критичне, інноваційне
Методи навчання	Лекційні, пояснювальні, тренувальні вправи	Проблемно орієнтоване навчання дослідницьке навчання, STEM-проекти
Тип навчальних завдань	Закриті, стандартизовані, з однозначним способом розв'язання	Відкриті, комплексні, міжпредметні, наближені до реальних життєвих ситуацій



Критерій	Традиційне навчання	STEM-підхід
Роль учня	Пасивний об'єкт навчання, виконавець інструкцій	Активний суб'єкт навчання, дослідник, учасник командної взаємодії
Роль учителя	Транслятор знань, контролер результатів	Фасилітатор, тьютор, організатор навчально-дослідницької діяльності
Використання технологій	Допоміжний засіб навчання	Інтегрований компонент навчального середовища та інструмент дослідження
Спрямованість навчання	Теоретична, орієнтована на засвоєння змісту	Практико-орієнтована, спрямована на вирішення реальних проблем
Характер взаємодії	Переважно індивідуальна діяльність	Колаборативна діяльність, командна робота
Освітні результати	Засвоєння знань, формування умінь і навичок	Формування ключових компетентностей, креативності, інноваційності, здатності до вирішення складних проблем
Кінцевий освітній продукт	Правильна відповідь, відтворення матеріалу	Створений продукт (проект, модель, рішення), нові ідеї, практичні результати

Джерело: сформовано на основі узагальнення вітчизняних і зарубіжних наукових джерел [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

Проведений порівняльний аналіз засвідчує наявність принципових відмінностей між традиційною моделлю навчання та STEM-підходом, що проявляються передусім у зміні концептуальної орієнтації освітнього процесу – від знанняцентричної до компетентнісної та діяльнісної. На відміну від традиційного навчання, яке зосереджується на відтворенні знань і алгоритмізації навчальної діяльності, STEM-підхід передбачає інтеграцію змісту, активне залучення учнів (студентів) до дослідницької та проектної діяльності, а також орієнтацію на розв'язання практично значущих завдань. Це, у свою чергу, зумовлює трансформацію ролей учасників освітнього процесу, зміну характеру пізнавальної діяльності та розширення спектра освітніх результатів – від засвоєння знань до формування креативності, критичного мислення та інноваційності. Таким чином, STEM-підхід виступає ефективною педагогічною основою модернізації навчання математики та фізики в умовах сучасних освітніх трансформацій.

Інтеграція математики та фізики у межах STEM-підходу створює сприятливі умови для розвитку креативного мислення учнів (студентів) за рахунок поєднання абстрактного та прикладного компонентів пізнання. Взаємозв'язок



математичних моделей із фізичними явищами забезпечує глибше розуміння закономірностей навколишнього світу та стимулює учнів (студентів) до пошуку нестандартних рішень у процесі розв'язання комплексних задач. Така інтеграція сприяє переходу від алгоритмічного виконання типових завдань до конструювання власних стратегій розв'язання, моделювання ситуацій, висунення гіпотез і їх перевірки, що є ключовими характеристиками креативного мислення. Крім того, використання міжпредметних завдань і STEM-проектів активізує дивергентне мислення, розвиває здатність до перенесення знань у нові контексти та формує навички генерації оригінальних ідей у процесі навчальної діяльності.

З метою визначення ефективних шляхів впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики доцільно розглянути ключові методи організації освітнього процесу в контексті педагогічних умов їх реалізації. Аналіз сучасних наукових підходів свідчить, що результативність STEM-освіти значною мірою залежить не лише від добору відповідних методів навчання, а й від створення цілісної системи умов, що забезпечують їх ефективне функціонування. У цьому контексті особливого значення набувають такі аспекти, як інтеграція змісту навчання, діяльнісний і дослідницький характер освітнього процесу, використання цифрових технологій, а також трансформація ролі вчителя й освітнього середовища. Узагальнення зазначених положень дозволило систематизувати основні методи STEM-орієнтованого навчання та визначити педагогічні умови їх ефективної реалізації, що представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Методи STEM-орієнтованого навчання та педагогічні умови їх ефективної реалізації

Метод / форма організації навчання	Сутність методу в STEM-освіті	Педагогічні умови ефективної реалізації	Роль учителя	Вимоги до освітнього середовища
Проектне навчання	Організація навчальної діяльності через створення практично значущого продукту на основі інтеграції знань з математики, фізики та технологій	Міжпредметна інтеграція; орієнтація на реальні проблеми; поетапна структура діяльності; забезпечення самостійності учнів (студентів)	Організатор і наставник проектної діяльності, координує етапи, консультує, здійснює оцінювання	Наявність ресурсів для проектної роботи, цифрових інструментів, простору для командної взаємодії



Метод / форма організації навчання	Сутність методу в STEM-освіті	Педагогічні умови ефективної реалізації	Роль учителя	Вимоги до освітнього середовища
Проблемне навчання	Засвоєння знань через розв'язання проблемних завдань, що не мають готового алгоритму	Формулювання відкритих задач; зв'язок із життєвими ситуаціями; стимулювання альтернативних способів розв'язання	Модерує обговорення, спрямовує мислення, підтримує процес пошуку рішень	Середовище для дискусії, аналізу інформації, візуалізації та обговорення результатів
Дослідницьке навчання	Організація навчання як процесу дослідження: висування гіпотез, проведення експериментів, аналіз результатів	Наявність дослідницьких завдань; можливість експериментування; підтримка самостійності учнів (студентів); рефлексія результатів	Фасилітатор дослідницької діяльності, допомагає формулювати гіпотези та інтерпретувати результати	Лабораторне обладнання, цифрові симулятори, засоби збору та обробки даних
Моделювання та експериментальна діяльність	Використання математичних моделей і фізичних експериментів для пояснення та прогнозування явищ	Поєднання теоретичних знань із практикою; поетапність моделювання; доступ до інструментів вимірювання та аналізу	Пояснює зв'язок між моделлю і реальним явищем, координує проведення експериментів	Наявність вимірювальних приладів, програм для моделювання, лабораторних засобів
Колаборативне (групове) навчання	Організація спільної діяльності учнів (студентів) для вирішення комплексних міжпредметних завдань	Чіткий розподіл ролей; взаємодія та відповідальність; комунікація в групі	Координує групову діяльність, підтримує взаємодію та вирішення конфліктів	Простір для командної роботи, засоби комунікації, можливості для спільної діяльності
Цифрово-орієнтоване навчання	Використання цифрових технологій як інструменту дослідження, моделювання та візуалізації	Доступ до цифрових ресурсів; інтеграція технологій у навчальний процес; розвиток цифрової грамотності	Інтегрує цифрові інструменти, добирає технології відповідно до навчальних цілей	Цифрова інфраструктура, онлайн-платформи, STEM-обладнання, програмне забезпечення

Джерело: сформовано на основі узагальнення вітчизняних і зарубіжних наукових джерел [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15].



Узагальнення представлених методів та педагогічних умов їх реалізації (табл. 2) дозволяє констатувати, що ефективне впровадження STEM-підходу ґрунтується на поєднанні проєктної, проблемної та дослідницької діяльності учнів (студентів) за умов інтеграції навчального змісту, використання цифрових технологій та організації колаборативної взаємодії. Це створює підґрунтя для розроблення цілісної методики впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики.

На основі проведеного аналізу наукових підходів та визначених педагогічних умов впровадження STEM-підходу пропонується циклічна модель його реалізації у навчанні математики та фізики, що розглядається як цілісна педагогічна система, побудована на взаємопов'язаних етапах. Зазначена модель об'єднана спільною логікою переходу від формування пізнавальної мотивації до практичного застосування знань і подальшої рефлексії результатів діяльності. Її циклічний характер забезпечує безперервність освітнього процесу, поступове ускладнення навчальних завдань та повторне включення здобувачів освіти у нові рівні пізнавальної діяльності.

ЦИКЛІЧНА МОДЕЛЬ РЕАЛІЗАЦІЇ STEM-ПІДХОДУ У НАВЧАННІ МАТЕМАТИКИ ТА ФІЗИКИ

Запропонована модель відображає послідовність взаємопов'язаних етапів освітнього процесу, об'єднаних єдиною логікою переходу від усвідомлення проблеми до її дослідження, практичного розв'язання та подальшої рефлексії результатів діяльності. Вона орієнтована на розвиток креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти, що забезпечується через поєднання проблемності, дослідницької активності та практико-орієнтованої діяльності. Кожен етап виконує визначену функцію у формуванні здатності генерувати нові ідеї, знаходити нестандартні рішення та застосовувати знання у нових ситуаціях, і водночас виступає передумовою переходу до наступного етапу. У структурі моделі виокремлено такі взаємопов'язані етапи:

1. Мотиваційно-проблемний етап

На цьому етапі відбувається постановка проблемної ситуації, що має міжпредметний характер і потребує застосування знань з математики та фізики. Основним завданням є формування пізнавального інтересу та усвідомлення практичної значущості навчального матеріалу.

Перехід до наступного етапу забезпечується через **усвідомлення учнями проблеми та необхідності її розв'язання**, що стимулює їх до активної пізнавальної діяльності.

2. Когнітивно-дослідницький етап

На цьому етапі здійснюється аналіз проблеми, формулювання гіпотез, опрацювання теоретичного матеріалу та проведення дослідницьких дій. Важливу



роль відіграє інтеграція математичних і фізичних знань, а також використання моделювання та експерименту.

Логічний перехід до наступного етапу відбувається через **отримання первинних результатів і необхідність їх практичної перевірки та застосування.**

3. Проектно-конструкторський етап

Етап передбачає застосування набутих знань для розроблення практичного рішення: створення моделі, виконання проєкту або розв'язання прикладного завдання. Саме тут формується здатність до креативного мислення, пошуку альтернативних рішень і прийняття інноваційних підходів.

Перехід до завершального етапу забезпечується через **оцінювання отриманого результату та необхідність його осмислення.**

4. Рефлексивно-оцінювальний етап

На цьому етапі здійснюється аналіз результатів діяльності, оцінювання ефективності обраних рішень, узагальнення отриманого досвіду. Важливим компонентом є формування здатності до саморефлексії та критичного мислення.

Цей етап забезпечує **повернення до нового циклу навчальної діяльності**, оскільки на основі рефлексії формуються нові проблемні ситуації та навчальні завдання.

Інтеграція теоретичних знань і практичної діяльності у межах запропонованої моделі забезпечується через поетапну організацію освітнього процесу. Зокрема, на мотиваційно-проблемному етапі теоретичні знання актуалізуються через постановку практично значущих завдань; на когнітивно-дослідницькому - відбувається їх осмислення та поглиблення у процесі аналізу, моделювання та експериментування; на проєктно-конструкторському етапі знання набувають прикладного характеру через їх використання у створенні моделей і розв'язанні практичних задач; на рефлексивно-оцінювальному - здійснюється узагальнення досвіду та оцінювання ефективності застосування знань. Така логіка організації навчальної діяльності забезпечує нерозривний зв'язок між теоретичною підготовкою та її практичним застосуванням.

Системоутворюючі елементи моделі

Ефективність реалізації запропонованої методики забезпечується взаємодією таких компонентів:

- **інтеграція теоретичних знань і практичної діяльності** як центральний елемент моделі;
- **методи навчання** (проєктні, проблемні, дослідницькі), що забезпечують діяльнісний характер освітнього процесу;
- **роль учителя** як фасилітатора, модератора та організатора пізнавальної діяльності;
- **STEM-орієнтоване освітнє середовище**, що створює умови для експериментування, моделювання та проєктної роботи.



Реалізація зазначених етапів у їх взаємозв'язку забезпечує формування креативного мислення через залучення здобувачів освіти до постановки проблем, висування гіпотез, пошуку альтернативних рішень та їх практичної перевірки. Водночас інноваційність формується як здатність застосовувати набуті знання у нових умовах, створювати оригінальні продукти діяльності та приймати обґрунтовані рішення у нестандартних ситуаціях.

Таким чином, запропонована модель відображає предмет дослідження як цілісний педагогічний механізм впровадження STEM-підходу, що забезпечує розвиток креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти через взаємодію етапів, методів та освітнього середовища.

Практична реалізація запропонованої методики здійснюється через впровадження інтегрованих навчальних завдань і STEM-проектів, що поєднують математичні та фізичні знання у контексті розв'язання реальних або наближених до реальності проблем. Зокрема, учням може бути запропоновано завдання з моделювання руху тіла з урахуванням фізичних закономірностей і математичних розрахунків, що передбачає побудову графіків залежності шляху, швидкості та часу. Іншим прикладом є розроблення простих технічних конструкцій (наприклад, макета мосту або механічного пристрою) із попереднім визначенням оптимальних параметрів за допомогою математичних моделей і фізичних розрахунків. Доцільним також є виконання проектних завдань, пов'язаних з енергоефективністю, зокрема розрахунок тепловтрат приміщення або оптимізація використання енергії, що вимагає інтеграції знань з фізики та математики. Такі завдання сприяють інтеграції навчального змісту, формують здатність застосовувати знання у практичній діяльності та стимулюють розвиток креативного мислення через пошук альтернативних рішень.

Реалізація запропонованої методики забезпечує формування ключових компонентів креативного мислення, зокрема здатності до постановки проблем, висування гіпотез, генерації альтернативних рішень та їх критичного оцінювання. Водночас інноваційність проявляється у здатності здобувачів освіти застосовувати набуті знання у нових умовах, створювати оригінальні продукти діяльності та приймати обґрунтовані рішення у нестандартних ситуаціях. Такий підхід сприяє переходу від репродуктивного засвоєння знань до їх продуктивного використання.

Оцінювання ефективності реалізації STEM-підходу доцільно здійснювати на основі комплексу критеріїв, що відображають рівень сформованості креативного мислення та інноваційності. До таких критеріїв належать здатність до генерації нових ідей, гнучкість мислення, уміння застосовувати знання у практичних ситуаціях, а також самостійність у прийнятті рішень. Відповідні показники можуть визначатися через аналіз результатів виконання проектних і дослідницьких завдань, рівень обґрунтованості запропонованих рішень та здатність учнів (студентів) до рефлексії власної діяльності.



Отримані результати дослідження свідчать про те, що впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики доцільно розглядати не лише як сукупність окремих методів або технологій, а як цілісну педагогічну систему, що ґрунтується на інтеграції змісту навчання, діяльнісному характері освітнього процесу та орієнтації на формування креативного мислення й інноваційності здобувачів освіти.

Проведений порівняльний аналіз традиційної моделі навчання та STEM-підходу дозволив виявити принципові відмінності у концептуальних засадах організації освітнього процесу, що проявляються у переході від репродуктивного засвоєння знань до їх активного конструювання та практичного застосування. Це підтверджує доцільність використання інтегрованих, дослідницьких і проектних форм навчання як ефективного інструменту розвитку креативного мислення.

Узагальнення педагогічних умов і методів STEM-орієнтованого навчання засвідчило, що їх ефективність забезпечується лише за умови їх системного поєднання, що стало підґрунтям для розроблення циклічної моделі впровадження STEM-підходу. Запропонована модель відображає логіку освітнього процесу як послідовність взаємопов'язаних етапів, у межах яких забезпечується інтеграція теоретичних знань і практичної діяльності.

Інтерпретація змісту кожного етапу моделі дозволяє стверджувати, що формування креативного мислення відбувається через залучення здобувачів освіти до постановки проблем, висування гіпотез, моделювання, пошуку альтернативних рішень та їх практичної реалізації. Водночас інноваційність проявляється у здатності застосовувати знання у нових умовах, створювати оригінальні продукти діяльності та приймати обґрунтовані рішення у нестандартних ситуаціях.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що ефективно впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики можливе за умови його реалізації як цілісної системи, що поєднує інтеграцію змісту, діяльнісні методи навчання та спеціально організоване освітнє середовище, спрямоване на розвиток креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти.

Висновки. Отже, у результаті проведеного дослідження встановлено, що впровадження STEM-підходу у навчанні математики та фізики забезпечує перехід від знанняцентричної до компетентнісно-діяльнісної моделі освітнього процесу, що проявляється у зміні характеру пізнавальної діяльності учнів (студентів) – від відтворення знань до їх активного конструювання та практичного застосування.

Обґрунтовано, що інтеграція змісту математики та фізики у межах STEM-підходу створює умови для розвитку креативного мислення, зокрема через формування здатності до моделювання, висування гіпотез, пошуку альтернативних рішень і застосування знань у нових ситуаціях.



Визначено, що ефективність впровадження STEM-підходу забезпечується системним поєднанням педагогічних умов, серед яких ключовими є інтеграція навчального змісту, використання діяльнісних методів навчання (проектного, проблемного, дослідницького), застосування цифрових технологій та організація колаборативної взаємодії учнів (студентів).

Розроблено циклічну модель реалізації STEM-підходу у навчанні математики та фізики, яка відображає логіку освітнього процесу як послідовність взаємопов'язаних етапів і забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичної діяльності, спрямовану на розвиток креативного мислення та інноваційності здобувачів освіти.

Доведено, що практична реалізація запропонованої методики через виконання інтегрованих навчальних завдань і STEM-проектів сприяє формуванню здатності учнів (студентів) до генерації нових ідей, створення оригінальних продуктів діяльності та прийняття обґрунтованих рішень у нестандартних ситуаціях.

Визначено, що оцінювання ефективності впровадження STEM-підходу доцільно здійснювати за критеріями, що відображають рівень сформованості креативного мислення та інноваційності, зокрема здатності до генерації ідей, гнучкості мислення, практичного застосування знань і рефлексії результатів діяльності.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з експериментальною перевіркою ефективності запропонованої моделі у практиці закладів освіти, розробленням діагностичного інструментарію для оцінювання рівня сформованості креативного мислення та інноваційності, а також адаптацією методики до різних вікових груп здобувачів освіти.

Література:

1. Трегуб О. Д., Скібчик Ю. В. STEM-освіта у підготовці майбутніх учителів професійного навчання. *Молодь і ринок*. 2024. № 9 (229). С. 85–89. DOI: 10.24919/2308-4634.2024.307510.
2. Нестеренко М., Мицик Г., Петрик К. STEM-освіта в Україні: виклики та можливості. *Актуальні питання гуманітарних наук*. 2024. Вип. 72. Т. 2. С. 335–342. DOI: 10.24919/2308-4863/72-2-51.
3. Margot K. C., Kettler T. Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*. 2019. Vol. 6. №. 1. P. 1–16. DOI: 10.1186/s40594-018-0151-2.
4. Thibaut L. Et al. Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education*. 2018. Vol. 3. №. 1. P. 1–12. DOI: 10.20897/ejsteme/85525.
5. Дрокіна А. STEM-освіта як ефективний напрям реалізації ключових положень концепції Нової української школи. *Освіта. Інноватика. Практика*. 2024. Т. 12. № 3. С. 20–25. DOI: 10.31110/2616-650X-vol12i3-003.



6. López-Belmonte J., Segura-Robles A., Moreno-Guerrero A.-J., Parra-González M. E. Comparative analysis between a STEM-based learning process and traditional teaching. *South African Journal of Education*. 2022. Vol. 42 P. 1–10. DOI: 10.15700/saje.v42ns1a2057.
7. Banate L. A., Bauyot M. M. The integration and impact of interdisciplinary STEM education in K-12 and higher education: A systematic review of evidence from 2016–2024. *International Journal of Multidisciplinary Educational Research and Innovation*. 2025. Vol. 3. №. 1. P. 202–212. URL: https://www.researchgate.net/publication/389505639_The_Integration_and_Impact_of_Interdisciplinary_STEM_Education_in_K-12_and_Higher_Education_A_Systematic_Review_of_Evidence_from_2016-2024 (дата звернення: 15.03.2026).
8. Cao X., Lu H., Wu Q., Hsu Y. Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students' learning outcomes. *Frontiers in Psychology*. 2025. Vol. 16. P. 1–15. DOI: 10.3389/fpsyg.2025.1579474.
9. Нікітченко Л. О. Роль STEM-освіти у розвитку дослідницьких навичок майбутніх учителів біології. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка. Педагогічні науки*. 2025. Вип. 1 (120). С. 279–291. DOI: 10.35433/pedagogy.1(120).2025.22.
10. Кононець Н., Даниско О., Бабенко І. Ресурсно-орієнтована модель розвитку педагогічної майстерності учителя у практиці STEM-освіти. *Витоки педагогічної майстерності*. 2025. Вип. 36. С. 99–108. DOI: <https://doi.org/10.33989/2075-146x.2025.36.339437>.
11. Кириленко В. В., Крижановський А. І., Кириленко Н. М., Майданик О. В., Медведєв Р. П. Імплементация STEM-освіти у процес фахової підготовки майбутніх учителів. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання в підготовці фахівців: методологія, теорія, досвід, проблеми*. 2024. Вип. 71. С. 30–40. DOI: 10.31652/2412-1142-2024-71-30-40.
12. Hallström J., Norström P., Schönborn K. J. Authentic STEM education through modelling: an international Delphi study. *International Journal of STEM Education*. 2023. Vol. 10. P. 1–16. DOI: 10.1186/s40594-023-00453-4.
13. Сороко Н. В. Модель розвитку вчителя-лідера у STEAM-орієнтованому освітньому середовищі закладу загальної освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 80. № 4. С. 90–108. DOI: 10.20998/2078-7782.2020.4.08.
14. Kayan-Fadlemlula F., Sellami A., Abdelkader N., Umer S. A systematic review of STEM education research in the GCC countries: trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education*. 2022. Vol. 9. №. 1. P. 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00319-7>.
15. Khalid I. L., Abdullah M. N. S., Fadzil H. A systematic review: digital learning in STEM education. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*. 2025. Vol. 51. №. 1. P. 98–115. DOI: 10.37934/araset.51.1.98115.

References:

1. Trehub, O. D., & Skibchuk, Yu. V. (2024). STEM-osvita u pidhotovtsi maibutnix uchyteliv profesiinoho navchannia [STEM education in the training of future vocational education teachers]. *Molod i rynek – Youth and Market*, 9(229), 85–89. <https://doi.org/10.24919/2308-4634.2024.307510> [in Ukrainian].
2. Nesterenko, M., Mytsyk, H., & Petryk, K. (2024). STEM-osvita v Ukraini: vyklyky ta mozhlyvosti [STEM education in Ukraine: challenges and opportunities]. *Aktualni pytannia humanitarnykh nauk – Current Issues of Humanities*, 72(2), 335–342. <https://doi.org/10.24919/2308-4863/72-2-51> [in Ukrainian].
3. Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>



4. Thibaut, L., et al. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 1–12. <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
5. Drokina, A. (2024). STEM-osvita yak efektyvnyi napriam realizatsii osnovnykh polozhen kontseptsii Novoi ukrainskoi shkoly [STEM education as an effective direction for implementing the key provisions of the New Ukrainian School concept]. *Osvita. Innovatyka. Praktyka – Education. Innovation. Practice*, 12(3), 20–25. <https://doi.org/10.31110/2616-650X-vol12i3-003> [in Ukrainian].
6. López-Belmonte, J., Segura-Robles, A., Moreno-Guerrero, A.-J., & Parra-González, M. E. (2022). Comparative analysis between a STEM-based learning process and traditional teaching. *South African Journal of Education*, 42, 1–10. <https://doi.org/10.15700/saje.v42ns1a2057>
7. Banate, L. A., & Bauyot, M. M. (2025). The integration and impact of interdisciplinary STEM education in K-12 and higher education: A systematic review of evidence from 2016–2024. *International Journal of Multidisciplinary Educational Research and Innovation*, 3(1), 202–212. Retrieved March 15, 2026, from <https://www.researchgate.net/publication/389505639>
8. Cao, X., Lu, H., Wu, Q., & Hsu, Y. (2025). Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students' learning outcomes. *Frontiers in Psychology*, 16, 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1579474>
9. Nikitchenko, L. O. (2025). Rol STEM-osvity u rozvytku doslidnytskykh navychok maibutnykh uchyteliv biologii [The role of STEM education in the development of research skills of future biology teachers]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho universytetu imeni Ivana Franka. Pedagogichni nauky – Bulletin of Zhytomyr Ivan Franko State University. Pedagogical Sciences*, 1(120), 279–291. [https://doi.org/10.35433/pedagogy.1\(120\).2025.22](https://doi.org/10.35433/pedagogy.1(120).2025.22) [in Ukrainian].
10. Kononets, N., Danysko, O., & Babenko, I. (2025). Resursoorientovana model rozvytku profesiinoi maisternosti vchytelia u praktytsi STEM-osvity [Resource-oriented model of teacher professional mastery development in STEM education practice]. *Vytoky pedagogichnoi maisternosti – Origins of Pedagogical Mastery*, 36, 99–108. <https://doi.org/10.33989/2075-146x.2025.36.339437> [in Ukrainian].
11. Kyrylenko, V. V., Kryzhanovskiy, A. I., Kyrylenko, N. M., Maidanyk, O. V., & Medvediev, R. P. (2024). Vprovadzhennia STEM-osvity u protsesi profesiinoi pidhotovky maibutnykh uchyteliv [Implementation of STEM education in the process of professional training of future teachers]. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia – Modern Information Technologies and Innovative Teaching Methods*, 71, 30–40. <https://doi.org/10.31652/2412-1142-2024-71-30-40> [in Ukrainian].
12. Hallström, J., Norström, P., & Schönborn, K. J. (2023). Authentic STEM education through modelling: An international Delphi study. *International Journal of STEM Education*, 10, 1–16. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00453-4>
13. Soroko, N. V. (2020). Model rozvytku vchytelia-lidera v STEAM-orientovanomu osvitnomu seredovyskhi zakladiv zahalnoi serednoi osvity [Model of teacher-leader development in a STEAM-oriented educational environment of general secondary education institutions]. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia – Information Technologies and Learning Tools*, 80(4), 90–108. <https://doi.org/10.20998/2078-7782.2020.4.08> [in Ukrainian].
14. Kayan-Fadlelmula, F., Sellami, A., Abdelkader, N., & Umer, S. (2022). A systematic review of STEM education research in the GCC countries: trends, gaps and barriers. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–24. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00319-7>
15. Khalid, I. L., Abdullah, M. N. S., & Fadzil, H. (2025). A systematic review: digital learning in STEM education. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 51(1), 98–115. <https://doi.org/10.37934/araset.51.1.98115>

Дата першого надходження статті до видання: 24.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 08.04.2026