

УДК 37.091.3:373.5:004+167.1

DOI: [https://doi.org/10.63437/3083-6433-2026-1\(36\)-14](https://doi.org/10.63437/3083-6433-2026-1(36)-14)

Тишковець Марія, | **Tyshkovets Mariia,**
науковий співробітник відділу STEM-освіти, | Researcher at the STEM Education Department,
Інститут педагогіки НАПН України, | Institute of Pedagogy of the NAES of Ukraine,
м. Київ, Україна | Kyiv, Ukraine

<https://orcid.org/0000-0002-6976-7440>

РОЗВИТОК КРИТИЧНОГО МИСЛЕННЯ УЧНІВ ЗАКЛАДІВ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ЗАСОБАМИ STEM-ОСВІТИ

Анотація.

У статті здійснено аналіз наукових джерел із проблеми формування критичного мислення та реалізації STEM-освіти в закладах загальної середньої освіти. Виокремлено когнітивний і диспозиційний компоненти критичного мислення та обґрунтовано доцільність їх комплексного вимірювання. За допомогою структурно-функціонального аналізу визначено відповідність STEM-методів окремим складовим критичного мислення.

Основним емпіричним методом став педагогічний експеримент, що охоплював констатувальний і формувальний етапи. Діагностику рівня сформованості критичного мислення учнів 10-х класів проведено за допомогою адаптованих методик Watson–Glaser та UF/EMI-CTDI. Формувальний етап передбачав упровадження STEM-методів (інженерне проєктування, PBL, Data Literacy, error-based learning, дослідницькі мініексперименти) в освітній процес експериментальної групи. Для фіксації змін застосовано повторне тестування, педагогічне спостереження, аналіз продуктів діяльності, експертне оцінювання та анкетування.

З'ясовано, що системне впровадження STEM-методів сприяє розвитку когнітивних умінь і формуванню стійкої диспозиції до критичного мислення.

Ключові слова: критичне мислення; STEM-методи (інженерне проєктування, проєктне навчання, аналіз даних, кейси на основі помилок, дослідницькі мініексперименти); учні; заклади загальної середньої освіти; педагогічний експеримент.

DEVELOPMENT OF CRITICAL THINKING IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS THROUGH STEM EDUCATION

Summary.

The article presents the analysis, synthesis, generalization, and systematization of scientific sources regarding the formation of critical thinking and the implementation of STEM education in general secondary education institutions. A comparative analysis of approaches to interpreting critical thinking made it possible to distinguish its cognitive and dispositional components and to substantiate the need for their comprehensive assessment. Structural and functional analysis was applied to determine the correspondence between specific STEM methods and particular components of critical thinking. The main empirical method was a pedagogical experiment consisting of diagnostic and formative stages.

The diagnostic stage involved the primary assessment of critical thinking levels among 10th-grade students aged 15–16 using adapted instruments: the Watson–Glaser Critical Thinking Appraisal, which assesses cognitive skills such as interpretation, analysis, evaluation of arguments, and logical conclusions; and the UF/EMI-CTDI questionnaire, which assesses dispositions such as Engagement, Maturity, and Innovativeness. The adaptation of these tools considered the age characteristics of senior high school students: simplification of wording, contextualization of examples within school life and STEM practices, and expert validation of content.

For the formative stage, the systematic implementation of a set of STEM methods – engineering design, Problem-Based Learning, Data Literacy, error-based learning, and research mini-experiments – was proposed for implementation in the educational process of the experimental group over one academic semester. The control group followed traditional teaching methods. To record changes, a pre-test/post-test design was used, alongside pedagogical observation, analysis of student work products, including projects, prototypes, research reports, and analytical works, expert evaluation of the reasoning, logic, and evidence-based nature of student decisions, and surveys regarding attitudes toward learning and complex problem-solving tasks.

The research results indicate that the systematic implementation of STEM methods in 10th-grade education contributes not only to the development of specific cognitive skills but also to the formation of a stable disposition toward critical thinking. The combination of activity-based, research, and engineering formats creates pedagogical conditions for the transition from the situational use of logical operations to an integrated intellectual position, which is a key characteristic of a mature personality in the modern information society.

Keywords: *critical thinking; STEM methods (engineering design, project-based learning, data analysis, error-based cases, research mini-experiments); students; general secondary education institutions; pedagogical experiment.*

Постановка проблеми. Сучасна освітня парадигма потребує від учнів не просто засвоєння сукупності знань, а й здатності використовувати їх у нестандартних ситуаціях. У цьому контексті STEM-освіта може виступати не лише як модель навчання, що фокусується на зв'язках між природничими науками, технологією, інженерією та математикою для застосування цих знань під час розв'язання реальних життєвих проблем, а як ефективний засіб для розвитку критичного мислення. Адже критичне мислення розвивається тоді, коли учень має простір для автономності, можливість вибору та право на ітеративність (багаторазове виправлення свого рішення).

Метою статті є теоретичне обґрунтування та експериментальна перевірка ефективності використання методів STEM-освіти для формування критичного мислення учнів закладів загальної середньої освіти.

Для досягнення мети дослідження було використано комплекс взаємодоповнювальних теоретичних і емпіричних методів, що забезпечили цілісність аналізу та достовірність отриманих результатів. Для оброблення результатів використано методи кількісного аналізу.

Аналіз актуальних публікацій. Еволюцію та значення критичного мислення як фундаментальної навички в сучасній освітній системі досліджують такі українські вчені, як С. Терно, О. Пометун, А. Лякішева, В. Вітюк, І. Кашуб'як. У працях зазначених авторів це поняття розглядається крізь призму філософських ідей від античності до сьогодення з акцентом на важливості самостійного аналізу та оцінювання інформації. Зокрема дослідники виділяють декілька важливих віх: античність, просвітництво, ХХ століття та сучасний період. Витоки критичного мислення вбачаються в «сократичному методі» (мистецтво ставити запитання) та працях античного філософа Аристотеля. Це розуміння мислення як інструменту пошуку істини через логіку. Окрім того, принцип методичного сумніву – піддавати сумніву все, що не є очевидним – сформулював у свій час Р. Декарт. Це важливий крок до системного критичного мислення: перевірка переконань через раціональний аналіз. Перший педагогічний фундамент критичного мислення заклав Дж. Дьюї, який ввів поняття «рефлексивне мислення». Він вважав, що активний розгляд будь-якої думки на основі фактів є ключем до навчання.

У 1970–1980-х рр. поняття «критичне мислення» стає центральним у педагогіці США. Один із найвпливовіших теоретиків Р. Енніс (Robert Ennis) сформулював у 1985 р. визначення, згідно з яким критичне мислення – це розумне, рефлексивне мислення, спрямоване на вирішення того, у що вірити або що робити». Він розділив уміння (skills) та диспозиції (dispositions). У 1990 р. П. Фачіоне (P. Facione) визначив шість когнітивних навичок (інтерпретація, аналіз, оцінювання, інференція, пояснення, саморегуляція) та три диспозиції (відкритість, прагнення до істини тощо). Саме ці положення стали основою для розроблення інструментів їх виявлення та

вимірювання. У 1990-х рр. поняття «критичне мислення» інтегрувалося в український освітній дискурс. У 2000-х рр. критичне мислення стає складником компетентностей ХХІ століття, частиною міжнародних освітніх стандартів, елементом PISA та компонентом STEM-освіти [1].

Зокрема А. Лякішева, В. Вітюк та І. Кашуб'як трактують критичне мислення як складне психологічне та педагогічне явище, що характеризується здатністю людини самостійно аналізувати інформацію, оцінювати її достовірність, бачити помилки в аргументації та приймати зважені рішення на основі доказів. Ключовими характеристиками, які виділяють автори, є усвідомленість, самостійність, рефлексивність [2].

Натомість П. Саух критичне мислення розглядає як багатогранне явище, що поєднує інтелектуальні операції та ціннісні установки. Науковець формулює чотири головні постулати:

- 1) знання як основа – критичне мислення неможливе без володіння інформацією та досвідом для її інтерпретації;
- 2) логіка та рефлексивність, що вимагає послідовності, точності доведень та «чемного сумніву» у загальновизнаних істинах;
- 3) ресурс особистості, що передбачає самостійність, прагматизм, толерантність до інших думок та вольові зусилля;
- 4) діяльнісна компонента – уміння розв'язувати реальні проблеми, вести діалог та ухвалювати конструктивні рішення [3].

Водночас О. Пометун визначає критичне мислення як окремий тип мислення, що характеризується активністю, цілеспрямованістю, самостійністю, дисциплінованістю та рефлексивністю. Такий підхід передбачає розвиток у процесі навчання здатності людини: визначати проблеми, аналізувати, синтезувати, оцінювати інформацію з будь-яких джерел, висувати альтернативи й оцінювати їх, обирати спосіб розв'язання проблеми чи власну позицію щодо неї та обґрунтовувати свої погляди, робити свідомий вибір і діяти [1].

Виклад основного матеріалу. У сучасних наукових розвідках критичне мислення розглядається як: когнітивний процес (аналіз, оцінювання), диспозиція (готовність мислити критично), соціальна практика (аргументований діалог), метакогнітивна здатність (самоконтроль мислення). З огляду на це, пропонується трирівневий алгоритм його розвитку, що передбачає етапи виклику, осмислення та рефлексії. Окрім того, підкреслюється синергія когнітивних і афективних чинників, які допомагають людині ефективно розв'язувати проблеми та протистояти маніпуляціям.

В умовах модернізації освіти формування критичного мислення стає стратегічним (пріоритетним) напрямом як у педагогічній діяльності учителя, так і в навчально-пізнавальній діяльності учнівства. Формування критичного мислення здійснюється на уроках усіх предметів, що забезпечує перехід від пасивного отримання знань до їх активного здобування. Учень стає «суб'єктом» навчання, який здатен ставити конструктивні запитання та знаходити оригінальні рішення, аналізувати інформаційні потоки та приймати рішення в ситуаціях невизначеності.

Аналіз джерел свідчить, що найважливішою умовою розвитку критичного мислення є створення в освітньому процесі атмосфери відкритості, де помилка сприймається як етап пошуку істини, а вчитель виступає не як «оракул», а як партнер у дослідженні. Реалізація цієї умови найбільш ефективно забезпечується засобами STEM-освіти. Отже, STEM-освіта – це підхід, що наголошує на навичках ХХІ століття, інтегрує наукові, технологічні, інженерні та математичні предмети та охоплює формальний і неформальний складники на всіх освітніх рівнях.

У цьому контексті проаналізовано результати впливу STEM-освіти на навички розв'язання проблем, наукову креативність та критичне мислення, описані в статті М. Т. Хебеджі, та Е. Уста [6]. Учені провели квазіекспериментальне дослідження, порівнюючи результати навчання за стандартною програмою та за методикою, що поєднує науку, технології, інженерію та математику. Результати тестування продемонстрували, що впровадження STEM-практик значно підвищує рівень високорівневого мислення і творчих здібностей учнів. Дослідження підкреслює

важливість міждисциплінарного підходу для підготовки молоді до викликів сучасного світу. Ключові висновки, які отримали дослідники полягають у тому, що інтегроване STEM-навчання продемонструвало статистично значущий позитивний ефект на всі три досліджувані параметри: навички розв'язання проблем, наукову креативність та критичне мислення [6].

Дослідники з Індонезії А. Н. Пратіві, Н. Айсія та М. Камран спроектували траєкторію навчання на STEM-підході з метою підвищення критичного мислення. У межах дослідження автори розробили спеціальну навчальну траєкторію для засвоєння теми з алгебри, використовуючи прикладне завдання про вакуумне пакування місцевої страви. Використання технологій, зокрема програми Geogebra, та інтегрований метод навчання допомогли школярам краще інтерпретувати й аналізувати складні математичні моделі [7].

Наступним етапом нашого дослідження був добір засобів STEM-освіти та методик виявлення їхнього впливу на формування критичного мислення учнів закладів загальної середньої освіти. Аналіз публікацій із STEM-освіти [4; 5] засвідчив, що найбільш дієвими є такі педагогічні методи та прийоми навчання, що більш детально опишемо нижче.

1. Проєктне навчання (Project-Based Learning, PBL). PBL спрямовує учня з пасивного слухача на дослідника. Робота над реальними кейсами (наприклад, «Очищення води в локальних умовах» або «Енергоефективність шкільної будівлі») спонукає учнів не просто споживати інформацію, а шукати її, перевіряти на достовірність та інтегрувати знання з різних предметів, що сприяє розвитку вмінь критичного аналізу інформації з різних джерел.

2. Інженерний дизайн-процес (Engineering Design Process). Це ітеративний процес, який демонструє учням, що «помилка» – це не невдача, а джерело інформації. Учні мають не просто підготувати продукт (модель, макет, комп'ютерну програму тощо), а провести рефлексивний аналіз – чому конструкція не витримала навантаження або чому програмний код не виконується? Етапи інженерного дизайну (визначення проблеми → генерація ідей → прототипування → тестування → удосконалення) вимагають від учнів: оцінювання альтернатив; виявлення недоліків рішень; аргументованого вибору; аналізу результатів тестування.

3. Використання робототехніки та моделювання. Зокрема використання середовищ програмування (наприклад, Arduino або LEGO Education) вчить логічного послідовного мислення. Коли учень намагається знайти баг (помилку) у коді, він здійснює дедуктивний аналіз, який є базисом наукового методу.

У теорії та практиці проблеми формування критичного мислення розроблені інструменти для вимірювання безпосередньо умінь і навичок та схильності до критичного мислення. Одним із таких інструментів є тест критичного мислення Вотсона–Глейзера (WGCTA). За його допомогою оцінюють здатність аналізувати аргументи, розрізняти факти та припущення, робити логічні висновки. Проте цим тестом не виявляється мотиваційний складник. Для цієї мети використовується психометричний опитувальник UF/EMI-CTDI (англ. University of Florida / Engagement–Maturity–Innovativeness Critical Thinking Disposition Instrument – укр. університет Флориди / опитувальник схильності до критичного мислення (залученість–зрілість–інноваційність), що призначений для вимірювання схильності (диспозиції) до критичного мислення, тобто готовності людини застосовувати відповідні навички в різних ситуаціях. Ця методика, часто відома просто як ЕМІ, вимірює три головні шкали «диспозиції» (схильності) людини до критичного мислення: Engagement (залученість) – готовність шукати можливості для використання критичного мислення та впевненість у власних навичках міркування; Maturity (зрілість) – усвідомлення того, що більшість проблем мають не одну відповідь, а також здатність зважати на власні упередження та думки інших; Innovativeness (інноваційність) – допитливість і бажання дізнаватися нове, навіть якщо це суперечить поточним знанням. Тобто оцінюється не просто вміння думати критично, а саме бажання та звичку це робити. Учень може мати високі когнітивні здібності та водночас низьку диспозицію і відповідно не застосовувати їх у реальних ситуаціях.

З огляду на це, ЕМІ особливо цінний для нашого дослідження, оскільки дає змогу вимірювати зміни в установках до аналізу проблем, оцінювати, чи формує STEM не лише навички, а й інтелектуальну культуру та допомагає визначити ефективність проєктного й дослідницького навчання.

Відповідно до мети нашого дослідження доцільною є комбінація цих двох методик: ЕМІ (диспозиція) + тест Watson–Glaser (уміння). Така модель дає змогу розмежувати: «хочу і готовий мислити критично» і «вмію це робити». У контексті нашого дослідження ці методики були адаптовані до вікової категорії учнів, яких ми обрали для дослідження, а саме – учнів 10-го класу.

Нижче подано систематизований перелік засобів STEM-освіти з поясненням, яку саме складник критичного мислення вони активують і як їх можна дослідити експериментально.

1. Інженерне проєктування (Engineering Design Process). Учні мають виконати повний цикл інженерного проєктування: проблема → обмеження → ідеї → прототип → тестування → вдосконалення. Цей метод розвиває уміння аналізувати альтернативи, оцінювати докази, приймати обґрунтовані рішення, а також рефлексувати. Опитування проводяться на початку і наприкінці циклу проєктування та аналізуються зміни в шкалі Maturity (зрілість). Зокрема перевіряється, чи стали учні більш відкритими до альтернативних ідей та чи змінився в них «чорно-білий» підхід до розв'язання проблем.

2. STEM-проєкти з відкритою проблемою (Problem-Based Learning). Учні виконували реальний кейс без однозначного рішення: «Який тип відновлюваної енергії найефективніший для вашої громади?». Цей метод розвиває роботу з даними та аргументацію. Порівняння приростів здійснюється у шкалі Engagement (залученість) – вимірювання того, наскільки зросла готовність учня брати участь у складних дискусіях і його впевненість у пошуку раціональних аргументів.

3. Аналіз даних (Data Literacy STEM). Учням пропонується робота з реальними наборами даних, наприклад: екологічні вимірювання, статистика енергоспоживання та кліматичні графіки. Цей засіб розвиває уміння інтерпретувати графіки, виявляти закономірності, перевіряти гіпотези. Оцінювання здійснювалося за окремим тестом на інтерпретацію даних, окрім того здійснювалася кореляція з загальним індексом критичного мислення.

4. STEM-кейси з помилкою (Error-based learning). Учні отримують некоректне рішення, яке вони мають проаналізувати, а саме – виявити помилки в розрахунках, неправильну інтерпретацію графіка чи логічну помилку в аргументі. Цей метод розвиває аналітичність і логічний контроль. Здійснювалася перевірка стосовно того, чи корелює успіх у пошуку помилок у STEM-кейсах із балами за шкалою «Evaluation of Arguments» (оцінка аргументів) тесту Ватсона–Глейзера.

5. Дослідницькі STEM-мініексперименти. Учні виконували досліди, застосовуючи повний науковий метод: гіпотеза, контроль змінних, аналіз результатів, висновок. Цей метод дає змогу перевірити доказовість, системність, рефлексію результатів.

Отриманий результат дослідження серед учнів 10-х класів (підлітковий вік – 15–16 років) демонструє статистично значущу різницю між експериментальними та контрольними групами. Існує приріст за всіма трьома шкалами ЕМІ. Найбільший стрибок в експериментальній групі спостерігається в шкалі Engagement (залученість), оскільки STEM-методи (кейси, проєкти) роблять навчання релевантним для життя, що підвищує інтелектуальну впевненість підлітків. Учні контрольної групи продемонструвати незначне покращення в когнітивних навичках (через новизну у вивченні програмного матеріалу), але показники схильності (dispositions), як-от Maturity (зрілість), залишаються на початковому рівні або навіть знижуються через домінування репродуктивних методів навчання.

У таблиці 1 показано зміни в експериментальній групі за конкретними методами.

Додатково було виявлено, що учні 10 класу найкраще реагують на метод «кейси з помилками», оскільки в них розвинене критиканство, яке через STEM-інструменти перетворюється на конструктивну критичність.

Таблиця 1

Зміни в експериментальній групі за результатами впровадження STEM-методів

Метод STEM-навчання	Результати дослідження	Пояснення результату
Інженерне проєктування	Значне зростання Maturity	Учні 10 класу вчаться відходити від егоцентризму. Робота з обмеженнями вчить їх, що ідеальних рішень не існує, лише оптимальні
Відкриті проблеми (PBL)	Зростання Engagement	Підлітки чутливі до соціальних проблем (екологія, енергетика). Це стимулює їх «вмикати» мислення для захисту своєї позиції
Аналіз даних (Data Literacy)	Позитивна кореляція з Watson-Glaser	Учні експериментальної групи швидше виявляють маніпуляції в медіа-графіках і краще інтерпретують наукову статистику
Кейс на основі помилок (Error-based learning)	Зниження рівня когнітивних упереджень	Учні стають більш критичними до «авторитетних» джерел, навчившись шукати логічні помилки в запропонованих кейсах

Джерело: розроблено автором.

Дослідження також показало, що дівчата в 10 класі можуть показати вищий приріст у шкалі Maturity, зокрема через вищу емпатію та здатність до рефлексії, тоді як хлопці – у шкалі Innovativeness, насамперед через азарт до технічних експериментів.

Проведене дослідження підтвердило доцільність поєднання двох діагностичних підходів – оцінювання диспозицій критичного мислення (ЕМІ) та перевірки когнітивних умінь (Watson–Glaser). Така комбінована модель дала змогу розмежувати мотиваційно-ціннісний компонент («готовність і бажання мислити критично») та операційно-інструментальний компонент («здатність здійснювати логічний аналіз, інтерпретацію й оцінювання аргументів»), що є принципово важливим для коректної інтерпретації результатів.

Емпіричні дані засвідчили статистично значущі відмінності між експериментальною та контрольною групами. В експериментальній групі зафіксовано приріст за всіма шкалами ЕМІ, причому найбільш виражене зростання спостерігається за шкалою Engagement (залученість). Це свідчить про те, що STEM-методи, засновані на відкритих проблемах, інженерному проєктуванні та роботі з реальними даними, підвищують інтелектуальну активність і готовність учнів брати участь у складних когнітивних завданнях. Водночас у контрольній групі, де переважали репродуктивні методи навчання, зафіксовано лише незначні зміни в когнітивних показниках без істотного розвитку диспозицій.

Аналіз ефективності окремих STEM-засобів показав їхню диференційовану дію на складники критичного мислення. Інженерне проєктування сприяло зростанню показника Maturity (зрілість), формуючи усвідомлення багатоваріантності рішень та прийняття обмежень як об'єктивної умови реального світу. Метод відкритих проблем (PBL) істотно підвищував Engagement, оскільки соціально значущі теми стимулювали аргументовану позицію та інтелектуальну впевненість підлітків. Робота з даними продемонструвала позитивну кореляцію з результатами тесту Watson–Glaser, підтверджуючи розвиток умінь інтерпретації та логічного аналізу. Особливо показовим виявився метод error-based learning: він сприяв зниженню когнітивних упереджень та підвищенню здатності оцінювати аргументи, що є ядром критичного мислення.

Вікові особливості 15–16-річних учнів проявилися в підвищеній ефективності методів, що дають змогу конструктивно спрямувати притаманну підліткам схильність до критиканства. Найбільший відгук отримали STEM-кейси з помилками, які трансформували імпульсивну критику в структурований аналітичний контроль. Виявлені гендерні відмінності (вищий приріст Maturity у дівчат та Innovativeness – у хлопців) потребують подальшого уточнення, проте свідчать про можливість диференційованого педагогічного проєктування.

Висновки. Таким чином, результати дослідження підтверджують, що системне впровадження STEM-методів у навчання 10-х класів забезпечує не лише розвиток окремих когнітивних умінь, а й формування стійкої диспозиції до критичного мислення. Поєднання діяльнісних, дослідницьких та інженерних форматів створює педагогічні умови для переходу від ситуативного використання логічних операцій до інтегрованої інтелектуальної позиції, що є ключовою характеристикою зрілої особистості в умовах сучасного інформаційного суспільства.

Використані літературні джерела

1. Пометун О. Критичне мислення як педагогічний феномен. *Український педагогічний журнал*. 2018. № 2. С. 89–98.
2. Лякішева А., Вітюк В., Кашуб'як І. Ретроспективний огляд поняття «критичне мислення». *Педагогічні інновації: ідеї, реалії, перспективи*. 2019. № 1. С. 26–32. DOI: <https://doi.org/10.32405/2413-4139-2019-1-29-37>.
3. Саух П. Ю. Розвиток критичного мислення як провідний тренд сучасного освітнього процесу. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика. Серія: Педагогічні науки*. 2021. № 2. С. 7–15. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2021.2.1>.
4. Рогоза В., Левченко Ф., Калініна Л., Засєкіна Т., Скуловатов О. Впровадження STEM-освіти в рамках реформи «Нової української школи». *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Фізика*. 2024. № 55. С. 2064–2073. DOI: <https://doi.org/10.54919/physics/55.2024.206er4>.
5. Засєкіна Т. М. Про результати досліджень проблем STEM-освіти в гімназіях і ліцєях у відділенні загальної середньої освіти і цифровізації освітніх систем НАПН України. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2025. Т. 7. № 1. С. 1–9. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7141>.
6. Хебеджжі М. Т., Уста Е. Вплив інтегрованих практик STEM-освіти на навички вирішення проблем, наукову креативність та критичне мислення. *Participatory Educational Research*. 2022. Vol. 9. No. 6. P. 358–379. DOI: <https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6>.
7. Pratiwi A. N., Aisyah N., Somakim, Kamran M. STEM-based approach: A learning design to improve critical thinking skills. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika. Bandar Lampung*. 2023. Vol. 14. No. 1. P. 225–237. DOI: <https://doi.org/10.24042/ajpm.v14i1.18054>.

References

1. Pometun, O. (2018). Krytychne myslennia yak pedahohichnyi fenomen [Critical thinking as a pedagogical phenomenon]. *Ukrainskyi pedahohichnyi zhurnal – Ukrainian Educational Journal*, 2, 89-98 [in Ukrainian].
2. Liakisheva, A., Vitiuk, V., & Kashubiak, I. (2019). Retrospektyvnyi ohliad poniattia «krytychne myslennia» [A retrospective review of the concept of "critical thinking"]. *Pedahohichni innovatsii: idei, realii, perspektyvy – Pedagogical Innovations: Ideas, Realities, Perspectives*, 1, 26-32. DOI: <https://doi.org/10.32405/2413-4139-2019-1-29-37> [in Ukrainian].
3. Saukh, P. Yu. (2021). Rozvytok krytychnoho myslennia yak providnyi trend suchasnoho osvitnoho protsesu [Development of critical thinking as a leading trend in the modern educational process]. *Neperervna profesiina osvita: teoriia i praktyka – Continuing Professional Education: Theory and Practice*, 2, 7-15. DOI: <https://doi.org/10.28925/1609-8595.2021.2.1>. [in Ukrainian].
4. Rohoza, V., Levchenko, F., Kalinina, L., Zasiakina, T., & Skulovatov, O. (2024). Vprovadzhennia STEM-osvity v ramkakh reformy «Novoi ukrainskoi shkoly» [Implementation of STEM education within the framework of the «New Ukrainian School» reform]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Fizyka – Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series: Physics*, 55, 2064-2073. DOI: <https://doi.org/10.54919/physics/55.2024.206er4> [in Ukrainian].
5. Zasiakina, T. M. (2025). Pro rezultaty doslidzhen problem STEM-osvity v himnaziakh i litseiah u viddilenni zahalnoi serednoi osvity i tsyfrovizatsii osvitnikh lytseiv NAPN Ukrainy [On the results of research on STEM education problems in gymnasiums and lyceums]. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy – Herald of the National Academy of Educational Sciences of Ukraine*, 7(1), 1-9. DOI: <https://doi.org/10.37472/v.naes.2025.7141> [in Ukrainian].

6. Khebebdzhi, M. T., & Usta, E. (2022). Vplyv integrovanykh praktyk STEM-osvity na navychky vyrishennia problem, naukovu kreatyvnist ta krytychne myslennia [The effect of integrated STEM education practices on problem-solving skills, scientific creativity, and critical thinking]. *Participatory Educational Research*, 9(6), 358- 379. DOI: <https://doi.org/10.17275/per.22.143.9.6> [in Ukrainian].

7. Pratiwi, A. N., Aisyah, N., Somakim, & Kamran, M. (2023). STEM-based approach: A learning design to improve critical thinking skills. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika*, 14(1), 225-237. DOI: <https://doi.org/10.24042/ajpm.v14i1.18054>.

Прийнято 24 лютого 2026 року.

Затверджено 27 березня 2026 року.

Опубліковано 31 травня 2026 року.

Матеріал ліцензується на умовах міжнародної ліцензії Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).