

## МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТІ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ НАВЧАННЯ ФІЗИКИ

*У статті розглянуто методологічні основи дослідження методики формування STEM-компетентності учнів у процесі навчання фізики в умовах цифровізації освіти. Обґрунтовано доцільність використання цифрових технологій як ефективного засобу реалізації компетентнісного підходу, що забезпечує інтеграцію природничо-наукових знань, дослідницьких умінь і цифрової грамотності. Визначено, що цифровізація виступає ключовим чинником трансформації сучасної освіти, який формує нову освітню реальність, орієнтовану на інноваційність, міждисциплінарність і практичну спрямованість знань. Проаналізовано чотири рівні методології дослідження – філософський, загальнонауковий, конкретно-науковий і технологічний, що забезпечують системність, цілісність і наукову обґрунтованість розробки методики. На філософському рівні увагу зосереджено на законах діалектики, що розкривають суперечності між традиційною та цифровою моделями навчання. На загальнонауковому рівні окреслено застосування системного, синергетичного, середовищного та інформаційного підходів, які дозволяють розглядати навчання фізики як відкриту, самоорганізовану систему, що взаємодіє із соціальними, технологічними та когнітивними чинниками. На конкретно-науковому рівні виділено компетентнісний, діяльнісний, адаптивний, особистісно орієнтований і технологічний підходи, що визначають структуру та логіку формування STEM-компетентності учнів. Технологічний рівень розкриває практичну реалізацію методики через створення цифрового STEM-середовища, застосування віртуальних лабораторій, симуляцій, платформ доповненої реальності та засобів моделювання фізичних процесів. Підкреслено, що запропонована методологічна система формує підґрунтя для ефективного розвитку інтелектуального потенціалу учнів, підвищення мотивації до вивчення фізики та формування навичок, необхідних для майбутньої професійної діяльності у високотехнологічних галузях.*

**Ключові слова:** STEM-компетентність, STEM-освіта, цифрові технології, цифрова трансформація, цифрові технології, навчання фізики, методологія, підходи, освіта, освітнє середовище.

Сучасний етап розвитку освіти характеризується глибокими трансформаціями, зумовленими цифровізацією суспільства, інтенсивним розвитком науки й технологій, а також зростанням потреби у фахівцях, здатних мислити системно, критично та творчо. У цих умовах особливого значення набуває формування STEM-компетентності як інтегрованої здатності застосовувати знання з природничих наук, технологій, інженерії та математики для розв'язання реальних проблем. Разом із тим, у педагогічній теорії та практиці спостерігається суперечність між об'єктивною потребою у формуванні STEM-компетентності учнів засобами цифрових технологій і недостатньою методологічною розробленістю цього процесу у навчанні фізики. Більшість наукових праць зосереджена на окремих аспектах STEM-освіти – дидактичному, технологічному або організаційному, тоді як цілісне методологічне обґрунтування формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики залишається фрагментарним.

Відсутність єдиної методологічної основи ускладнює системне моделювання процесу формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики. Отже, актуальність проблеми зумовлена необхідністю розроблення методологічних засад, які б забезпечували цілісність, наукову обґрунтованість та практичну ефективність методики формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики.

Проблематика методологічного обґрунтування сучасної STEM-освіти та її зв'язку з цифровізацією освітнього процесу останніми роками стає одним із пріоритетних напрямів педагогічної науки. Формування цілісної методики розвитку STEM-компетентності у процесі навчання фізики потребує глибокого осмислення філософських, психологічних, дидактичних і технологічних засад сучасної освіти.

Значний внесок у розроблення методології STEM-освіти здійснюють такі дослідники, як М. Бойко, Н. Гончарова, Л. Гриневич, І. Закарлюка, А. Кух, Н. Морзе, Н. Поліхун, К. Постова, І. Сліпучіна, Г. Онопченко, О. Онопченко, В. Рогоза, О. Пилипенко, О. Струтинська та ін. В працях науковців підкреслюється роль цифрових технологій як засобу розширення пізнавального середовища, підвищення рівня автономності здобувачів освіти та розвитку міжпредметних зв'язків.

Проблеми цифровізації освітнього простору розглядають В. Биков, Р. Гуревич, М. Жалдак, А. Карпаті, М. Згуровський, А. Коломієць, В. Лапінський, М. Лещенко, Н. Морзе, О. Овчарук, С. Семеріков, Д. Соменко, О. Спірін, О. Слободяник, О. Трифонова та ін. Науковці обґрунтовують необхідність переходу від епізодичного використання інформаційно-комунікаційних технологій до створення педагогічно доцільного цифрового середовища, яке сприяє розвитку особистісної автономії, когнітивної гнучкості та критичного мислення.

Разом із тим, попри наявність значної кількості праць, присвячених питанням STEM-освіти та цифровізації, недостатньо розробленими залишаються **методологічні основи дослідження методики формування STEM-компетентності саме під час навчання фізики**. Більшість досліджень зосереджується на технологічних або дидактичних аспектах, тоді як питання методологічного обґрунтування, взаємозв'язку

філософських, загальнонаукових і конкретно-наукових рівнів пізнання в контексті цифровізації освіти потребують подальшого системного вивчення.

**Метою статті є** обґрунтування методологічних засад дослідження проблеми формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики на філософському, загальнонауковому, конкретно-науковому та технологічному рівнях.

Виявлені у процесі аналізу наукових джерел тенденції дозволяють стверджувати, що сучасна педагогічна наука перебуває на етапі формування нової методологічної парадигми, орієнтованої на інтеграцію STEM-освіти, цифрових технологій і компетентнісного підходу. Проте системне осмислення цього процесу потребує не лише розроблення окремих методик чи технологічних моделей, а й ґрунтовного методологічного аналізу – визначення його філософських основ, закономірностей, принципів і взаємозв'язків між рівнями наукового пізнання.

Саме тому формування STEM-компетентності учнів у процесі вивчення фізики із використанням цифрових технологій має розглядатися не лише як педагогічна чи технологічна проблема, а як **складне цілісне явище**, що підпорядковується загальним законам розвитку. Цей підхід дає можливість розкрити глибинні механізми становлення інноваційної освіти, де цифровізація виступає не зовнішнім інструментом, а внутрішнім чинником еволюції методичної системи навчання.

Згідно з педагогічними дослідженнями [8; 1; 4, с. 24], методологія наукового пізнання структурується за рівнями, що охоплюють **філософське, загальнонаукове, конкретно-наукове та технологічне підґрунтя**. Такий підхід дає змогу здійснити цілісний аналіз методики формування STEM-компетентності учнів засобами цифрових технологій під час навчання фізики в контексті взаємодії різних рівнів методології – від загальних законів діалектики до конкретних педагогічних методів і прийомів.

**Філософський рівень методології** визначає загальносвітоглядні засади пізнання педагогічних явищ, зокрема процесу формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики. У контексті дослідження важливими є **закони та категорії діалектики** – єдності і боротьби протилежностей, переходу кількісних змін у якісні, заперечення заперечення, які відображають динаміку розвитку освітніх процесів у цифрову епоху [4, с. 28].

Зазначені закони дають змогу розглядати процес формування STEM-компетентності як розвиток, що відбувається через подолання суперечностей між традиційними та інноваційними підходами, між репродуктивним засвоєнням знань і творчим застосуванням, між аналоговими й цифровими освітніми ресурсами. Єдність діалектичного та онтологічного підходів забезпечує філософське підґрунтя для визначення принципів історизму, детермінізму, конкретності та науковості.

Таким чином, дотримання філософських принципів забезпечує цілісне формотворення методики формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики як результату пізнання цього феномену й реалізації загальнонаукових підходів до її моделювання.

На наш погляд, у процесі дослідження STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики доцільним є використання системного, синергетичного, середовищного, інформаційного підходів, що становлять **загальнонауковий рівень методології**. Їх комплексне застосування дозволить вивчити досліджуваний феномен всебічно та сформувати цілісне уявлення про нього.

Аналіз загальної теорії систем, запропонованої Л. фон Берталанфі [13] та розвинутої Кеннетом Евартом Боулдінгом [14], дає змогу розглядати освітній процес як відкриту, динамічну й ієрархічно організовану систему, елементи якої перебувають у постійній взаємодії. Так як STEM складається пов'язаних між собою науки, технологій, інженерії, математики, тобто має ознаки системи. Відповідно, раціонально використати **системний підхід** до нашого дослідження. Такий підхід дозволяє виділити з множини елементів системи складові частини та вивчити кожний елемент системи окремо. При цьому з'являється можливість з'ясування властивостей, характеристик елементів системи, їх зіставлення та поєднання в цілісну структуру. Використання такого підходу дає можливість визначити схожість, відмінність характеристик, вплив одних елементів системи по відношенню до інших, виявити динаміку розвитку кожного елемента й системи в цілому. Відповідно, виникає необхідність цілісного підходу до розроблення та реалізації методики формування STEM-компетентності.

Характер нашого дослідження потребує опори на **синергетичний підхід**, що дозволяє розглядати освітні процеси як відкриті, динамічні системи здатні до самоорганізації та розвитку [10]. Застосування синергетичного підходу в дослідженні дозволяє розглядати освітній процес як відкриту, складну, нелінійну систему, у якій взаємодіють численні компоненти: зміст навчання, цифрові технології, суб'єкти освіти, зовнішні соціальні чинники. Такий підхід дає змогу виявити механізми самоорганізації в освітньому середовищі, які виникають у результаті інтеграції природничо-наукових знань, цифрових інструментів і міжпредметних зв'язків; пояснити динаміку змін у формуванні компетентностей як результат нелінійного впливу різних факторів (мотивації, технологій, педагогічної взаємодії); оцінити роль критичних точок (біфуркацій), у яких відбувається перехід до нового якісного стану – наприклад, підвищення рівня самостійності, формування цілісного наукового мислення, поява здатності до міждисциплінарного застосування знань; обґрунтувати доцільність варіативних стратегій навчання, у яких враховується індивідуальний стиль мислення учня, його здатність до самоорганізації, використання цифрових ресурсів.

Таким чином, синергетичний підхід не лише пояснює природу змін у навчальному процесі, а й слугує теоретичним підґрунтям для проектування освітнього середовища, здатного підтримувати розвиток STEM-компетентності як комплексного, динамічного явища. Відповідно, актуальним та необхідним у дослідженні виступає реалізація середовищного підходу. Визначений підхід дає можливість акцентувати педагогічний вплив вчителя на формування освітнього середовища, в якому відбувається розвиток STEM-компетентності учнів закладів загальної середньої освіти (ЗЗСО). Відповідно, необхідно визначити особливості STEM-середовища.

У науковій літературі поняття STEM-середовища тлумачиться по-різному, більша увага приділяється структурі STEM-середовища.

Відповідно до дослідження Левченко [5] «STEM-середовище гімназії включає внутрішнє (адміністративно-організаційна складова, програмно-апаратна складова, суб'єктна складова та навчально-методична складова) та зовнішнє (органи державного управління освітою, наукові заклади вищої освіти, промислові підприємства, бізнес-структури, науково-дослідні організації, спонсори, стейкхолдери, зацікавлені сторони) забезпечення» [5].

До ключових елементів структури STEM-середовища згідно дослідження Мехед [6, с. 54] відносяться: підготовлених вчителів та інструкторів, навчальні програми, лабораторії та обладнання, матеріали для STEM-навчання, проекти та змагання, підтримка батьків, партнерські стосунки, співпраця з місцевими компаніями, університетами та науковими організаціями.

Важливою складовою STEM освіти на думку Л. Назаренко [7] є креативний компонент, який забезпечує продуктивний характер змін в освітній діяльності завдяки генеруванню оригінальних ідей і пошуку нестандартних рішень ситуацій, пов'язаних із процесом засвоєння нової навчальної інформації та вироблення інноваційної практики.

На думку вчених [12], STEAM-орієнтованим, тобто спрямованим на запровадження практико-орієнтованого, міждисциплінарного та проєктного підходів у процесі вивчення учнями дисциплін природничо-математичного циклу, робототехніки та формування в них креативного, творчого мислення завдяки використанню в освітньому процесі різних галузей мистецтва та інформаційно-комунікаційних технологій.

Під час нашого дослідження визначено характеристики STEM-середовища (рис. 1).

В умовах цифрової трансформації освіти особливої значущості набуває **інформаційний підхід**, оскільки визначає засади організації освітнього процесу з урахуванням можливостей цифрових технологій на всіх його етапах. У контексті цифровізації суспільства всі сфери діяльності зазнають трансформацій, що зумовлює необхідність сформулювати STEM-компетентність учнів ЗЗСО у поєднанні з цифровими технологіями. Для цього необхідно створити та застосовувати відповідні методики та засоби навчання. Зокрема, ефективною формою реалізації є впровадження комплексів прикладних і міждисциплінарних завдань, побудованих на основі STEM-технологій. Таким чином, реалізація в навчанні фізики цифрового підходу, адекватна потребам цифрового суспільства, здатна зробити вагомий внесок у досягнення освітніх результатів. Цифровий підхід уможливорює інтерпретацію освітнього процесу з позицій теорії інформації, що, у свою чергу, сприяє створенню відповідного технологічного забезпечення для його ефективної реалізації.

Отже, на загальнонауковому рівні методології було визначено підходи, що забезпечили теоретичну структурованість дослідження, внутрішню узгодженість його логіки та відповідність сучасним науковим



Рис. 1. Характеристики STEM-середовища

уявленням про природу формування компетентностей. Водночас подальше розгортання дослідницької стратегії потребує переходу до конкретно наукового рівня, на якому методологічна система набуває предметної визначеності.

**Конкретно-науковий рівень методології** передбачає застосування педагогічних підходів, які безпосередньо визначають логіку побудови методики: особистісно орієнтованого, компетентнісного, діяльнісного, адаптивного, контекстного та технологічного. **Особистісно орієнтований підхід** (який визначений державним стандартом загальної середньої освіти) [9], створює умови для організації освітнього процесу з урахуванням пізнавальних можливостей, індивідуальних особливостей, мотиваційних установок і цілей кожного учня ЗЗСО. Застосування **особистісно орієнтованого підходу** в межах дослідження передбачає виявлення рівня пізнавальних можливостей і зацікавлень учнів, які мають бути узгоджені зі змістом освіти, активно розвиватися в освітньому процесі ЗЗСО із залученням STEM та цифрових технологій. Такий підхід також сприяє формуванню позитивної мотивації до навчальної діяльності, стимулює потребу в самовдосконаленні та забезпечує формування навичок саморегуляції й самовиховання, що є важливими чинниками становлення самодостатньої й конкурентоздатної особистості [4, с. 138]. Важливими складовими особистісно орієнтованого підходу нашого дослідження є використання персоналізованих завдань з елементами STEM-проекування, залучення учнів до виконання індивідуальних або групових STEM-проектів, використання цифрових технологій [2].

У сучасному освітньому процесі особливе значення набуває акцент на розвитку особистості учня, який передбачає врахування індивідуальних особливостей, пізнавальних потреб, мотивів і цілей здобувача освіти, реалізується насамперед через компетентнісний підхід. **Реалізація компетентнісного підходу** у нашому дослідженні здійснюється завдяки меті, змістового та організаційного компонентів.

Розглядаючи засади компетентнісного підходу, важливим вважаємо реалізацію **діяльнісного підходу**, який забезпечує практикоорієнтованість під час формування STEM – компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики. Діяльнісний підхід розглядає діяльність як джерело формування особистості та фактор її розвитку [1].

Реалізація **діяльнісного підходу** в процесі формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики передбачає:

- забезпечення суб'єктної позиції учнів, що створює умови для його самовизначення, усвідомлення цілей навчання, а також свідомого вибору засобів і способів власної діяльності у процесі оволодіння STEM-компетентністю.

- цілеспрямований відбір і структурування навчальної інформації, що відповідає актуальним запитам і можливостям учнів, а також організацію пізнавальної діяльності, орієнтованої на її активне засвоєння та осмислення.

- формування простору для самореалізації учнівського потенціалу шляхом побудови взаємовідносин у навчальному середовищі на засадах відкритості, взаємної довіри, діалогу і співпраці, що сприяє розвитку комунікативної та соціальної компетентностей.

- впровадження принципу “навчання через дію” як ключової умови активного засвоєння знань і формування практично значущих STEM-компетентностей у процесі вирішення реальних або наближених до життя задач [13].

Важливим підходом нашого дослідження є **адаптивний підхід**, який відноситься до міждисциплінарних наукових підходів. Єльнікова [3] трактує адаптаційний підхід як такий, який об'єднує в собі синергетичний, системний, компетентнісний і технологічний підходи та активізує адаптивні процеси навчання, розвитку з метою засвоєння освітньої інформації та формування компетентностей.

Згідно [11], під адаптацією розуміють процес взаємодії середовища і особистості, який відбувається на різних рівнях (біологічному, психічному, соціальному, дидактичному) та забезпечує стійке і цілеспрямоване реагування на змінювані умови середовища. Відповідно до зазначених принципів адаптивного підходу під час формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики потрібно враховувати виклики і тенденції в освіті України та у світі; вимоги до якості освіти; забезпечувати індивідуалізацію та персоналізацію навчання.

У межах нашого дослідження реалізація **контекстного підходу** розглядається через призму адаптивної системи підготовки здобувачів освіти. Такий підхід передбачає забезпечення особистісної залученості учнів до навчальної діяльності, послідовне моделювання під час освітнього процесу змісту, форм і умов майбутньої професійної діяльності. Важливу роль у цьому процесі відіграють відповідні навчально-методичні матеріали, організація спільної діяльності, міжособистісна взаємодія та діалогічне спілкування між суб'єктами освітнього процесу. Ефективність реалізації контекстного підходу також забезпечується педагогічно обґрунтованим поєднанням інноваційних і традиційних технологій навчання.

Проекування ефективної методики формування STEM-компетентності під час навчання фізики неможливе без урахування принципів **технологічного підходу**, який забезпечує цілеспрямовану організацію освітнього процесу на основі чіткої поетапності, керованості та відтворюваності педагогічних рішень. У межах проектування методики нашого дослідження **технологічний підхід** виступає методологічною основою для розробки цілісної моделі освітнього процесу. Така модель охоплює планування та організацію навчальної



Рис 2. Структура методології дослідження методики формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики

діяльності, оцінювання її ефективності, обґрунтований добір дидактичного інструментарію, а також здійснення діагностики результатів навчання з метою виявлення динаміки формування компетентностей.

На технологічному рівні методології дослідження визначаються конкретні методи, прийоми, форми і засоби реалізації теоретичних підходів, які забезпечують практичну реалізацію ідей формування STEM-компетентності у процесі навчання фізики із застосуванням цифрових технологій. Цей рівень забезпечує операціоналізацію науково-методичних положень, розроблених на філософському, загальнонауковому та конкретно-науковому рівнях. Таким чином, технологічний рівень методології забезпечує **зв'язок між теоретичним обґрунтуванням і практичною реалізацією** розробленої методики формування STEM-компетентності, слугує основою для її апробації, оцінювання результативності та можливостей масштабування.

У процесі постановки та теоретичного обґрунтування проблеми методики формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час вивчення фізики нами було залучено принципи низки методологічних підходів. Їх застосування здійснювалося з урахуванням функціональної доцільності та змістово-сміслової інтеграції, що забезпечило комплексний характер методологічного забезпечення дослідження (рис. 2).

**Висновки.** У процесі дослідження обґрунтовано методологічні засади формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій під час навчання фізики. Визначено чотири взаємопов'язані рівні методології – філософський, загальнонауковий, конкретно-науковий і технологічний, які забезпечують системність, цілісність і наукову обґрунтованість розробленої методики. Отримані результати свідчать, що запропонована методологічна система є науковим підґрунтям для подальшого вдосконалення методики формування STEM-компетентності, розвитку критичного та креативного мислення учнів, підвищення їх мотивації до вивчення фізики.

Перспективи подальших досліджень убагачуються у розробленні структурно-функціональної моделі формування STEM-компетентності засобами цифрових технологій, визначенні критеріїв і показників її сформованості, експериментальній перевірці ефективності запропонованої методики, а також у створенні методичних рекомендацій для вчителів фізики щодо інтеграції цифрових технологій у освітній процес.

#### Використана література:

1. Бірта Г. О., Бургу Ю. Г. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2014. 142 с.
2. Донець Н. В. Поняття STEM-компетентності в системі освітнього середовища закладу загальної середньої освіти. *Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Т. Шевченка. Серія : Педагогічні науки.* 2025. Вип. 20. С. 48–55. DOI : <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2025-20.6>
3. Сльникова Г. В. Методологічний аспект адаптаційних змін в освітньому процесі закладів освіти. *Адаптивні процеси в національній системі освіти* : зб. матер. 5-го Всеукр. наук. форуму (Харків, 30–31 січ. 2020 р.). Харків : Мачулин, 2020. Вип. 2. С. 21–23.
4. Зайченко І. В. Педагогіка: навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів. 2-ге вид. Київ : Освіта України ; КНТ, 2008. 528 с. URL: [https://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/12/Pedagogika\\_Zaychenko.pdf](https://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/12/Pedagogika_Zaychenko.pdf)

5. Левченко Ф. Г. Модель структури STEM-середовища гімназії. *Pedagogical sciences*. 2023. С. 27–30. URL: <https://surl.li/jcaxwg>
6. Мехед О. Б. Особливості структури STEM-середовища в закладах освіти. *Електронний збірник наукових праць, ЗОІППО*. 2023. № 3 (55). URL: <https://surl.li/jcaxwg>
7. Назаренко Л. Креативний компонент STEM-освіти: від осмислення потреби до формування успішного досвіду. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2021. № 3 (198). С. 16–19. URL: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2021-3\(198\)-16-19](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2021-3(198)-16-19)
8. Основи наукових досліджень: навч. посіб. / за заг. ред. Т. В. Гончарук. Тернопіль : ТНПУ, 2014. 272 с.
9. Про деякі питання державних стандартів повної загальної середньої освіти: Постанова КМУ від 30.09.2020 № 898 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Text>
10. Синергетика і освіта : монографія / за ред. В. Г. Кременя. Київ : Інститут обдарованої дитини. 2014. 348 с. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/106585/1/Kremen\\_Synergetyka%20i%20osvita\\_5.11.14.pdf?utm\\_source](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/106585/1/Kremen_Synergetyka%20i%20osvita_5.11.14.pdf?utm_source)
11. Сікора Я. Б. Методологічні підходи до розробки адаптивної системи професійної підготовки майбутніх фахівців з інформаційних технологій. *Академічні візії*. 2023. Вип. 19 URL : <https://doi.org/10.5281/zenodo.7954533>.
12. Сороко Н., Рокоман О. Функції та роль STEAM-орієнтованого освітнього середовища основної школи для розвитку STEM-освіти. *Нова педагогічна думка*. 2019. № 4 (100). С. 55–60. URL: <https://surl.li/vbpuxh>
13. Boulding K. E. General systems theory: The skeleton of science. E:CO Special Double Issue Vol. 6. Nos. 1–2. 2004. P. 127–139. URL: <https://surl.li/jssbcw>
14. Boulding K. E. General Systems Theory – The Skeleton of Science. *Management Science*. 1956. Vol. 2. № 3. P. 197–208. URL : <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mnsc.2.3.197>

#### References:

1. Birta H. O., Burhu Yu. H. (2014). Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzhen: navch. Posibnyk [Methodology and organization of scientific research: textbook]. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury. 142 s. [in Ukrainian].
2. Donets N. V. (2025). Poniattia STEM-kompetentnosti v systemi osvitnoho seredovyshcha zakladu zahalnoi serednoi osvity [The concept of STEM competence in the educational environment of a general secondary education institution]. *Naukovyi visnyk Kremenetskoiblasnoi humanitarno-pedahohichnoi akademii im. T. Shevchenka. Kremenets*. S. 48–55. DOI: <https://doi.org/10.32782/2410-2075-2025-20.6> [in Ukrainian].
3. Ielnykova H. V. (2020). Metodolohichniy aspekt adaptatsiinykh zmin v osvitnomu protsesi zakladiv osvity [Methodological aspect of adaptation changes in the educational process of educational institutions]. Kharkiv : Machulyn. S. 21–23 [in Ukrainian].
4. Zaichenko I. V. (2008). Pedahohika: navchalnyi posibnyk dlia studentiv vyshchyykh pedahohichnykh navchalnykh zakladiv [Pedagogy: textbook for students of higher pedagogical institutions]. Kyiv : Osvita Ukrainy; KNT. 528 s. URL: [https://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/12/Pedagogika\\_Zaychenko.pdf](https://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/12/Pedagogika_Zaychenko.pdf) [in Ukrainian].
5. Levchenko F. H. (2020). Model struktury STEM-seredovyshcha himnazii [Model of the structure of a STEM-environment of a gymnasium]. *Pedagogical sciences*. S. 27–30. URL: <https://surl.li/jcaxwg> [in Ukrainian].
6. Mekhed O. B. (2021). Osoblyvosti struktury STEM-seredovyshcha v zakladakh osvity [Peculiarities of the structure of the STEM environment in educational institutions]. *Elektronnyi zbirnyk naukovykh prats, ZOIPPO*. 5 s. [in Ukrainian] URL: <https://surl.li/sciahf> [in Ukrainian].
7. Nazarenko L. (2021). Kreatyvnyi komponent STEM-osvity: vid osmyslennia potreby do formuvannia uspishnoho dosvidu [The creative component of STEM education: from understanding the need to forming successful experience]. The image of a modern teachers. 16–19. URL: [https://doi.org/10.33272/2522-9729-2021-3\(198\)-16-19](https://doi.org/10.33272/2522-9729-2021-3(198)-16-19) [in Ukrainian].
8. Honcharuk T. V. (2014). Osnovy naukovykh doslidzhen: navchalnyi posibnyk [Fundamentals of scientific research: textbook]. Ternopil : TNPU. 272 s. [in Ukrainian].
9. Pro deiaiki pytannia derzhavnykh standartiv povnoi zahalnoi serednoi osvity: Postanova KМУ vid 30.09.2020 № 898 [Resolution on certain issues of state standards of complete general secondary education]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-2020-%D0%BF#Textm> [in Ukrainian].
10. Kremen V. H. (2014). Synerhetyka i osvita: monohrafiia [Synergetics and education : monograph]. Kyiv : Instytut obdarovanoi dytyny. URL: [https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/106585/1/Kremen\\_Synergetyka%20i%20osvita\\_5.11.14.pdf?utm\\_source](https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/106585/1/Kremen_Synergetyka%20i%20osvita_5.11.14.pdf?utm_source) [in Ukrainian].
11. Sikora Ya. B. (2023). Metodolohichni pidkhody do rozrobky adaptyvnoi systemy profesiinoi pidhotovky maibutnikh fakhivtsiv z informatsiinykh tekhnolohii [Methodological approaches to developing an adaptive system of professional training for future IT specialists]. *Akademichni vizii*. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7954533>. [in Ukrainian]
12. Soroko N., Rokoman, O. (2021). Funktsii ta rol STEAM-orientovanoho osvitnoho seredovyshcha osnovnoi shkoly dlia rozvytku STEM-osvity [Functions and role of STEAM-oriented educational environment of primary school for the development of STEM education]. *Nova pedahohichna dumka*. S. 55–60. URL: <https://surl.li/vbpuxh> [in Ukrainian].
13. Boulding K. E. (2004) General systems theory: The skeleton of science. E:CO Special Double. S. 127–139. URL: <https://surl.li/jssbcw>
14. Boulding K. E. (1956). *General Systems Theory – The Skeleton of Science*. *Management Science*. S. 197–208. URL: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mnsc.2.3.197>

#### ***N. Donets. Methodological Foundations for Studying the Methodology of Forming STEM Competence in the Context of the Digitalization of Physics Education***

*The article examines the methodological foundations of studying the methodology for forming students' STEM competence in the process of learning physics under the conditions of education digitalization. It substantiates the relevance of using digital technologies as an effective tool for implementing a competence-based approach that integrates scientific knowledge, research skills, and digital literacy. Digitalization is defined as a key factor in the transformation of modern education, creating a new learning reality focused on innovation, interdisciplinarity, and the practical application of knowledge. The study outlines four levels of methodology – philosophical, general scientific, specific scientific, and technological – which ensure the systematic and integral character of the research. At the philosophical level, attention is given to dialectical laws explaining the contradictions between traditional and digital models of education. The general scientific level emphasizes systemic, synergetic, environmen-*

*tal, and informational approaches, viewing physics education as an open and self-organizing system that interacts with social, technological, and cognitive factors. The specific scientific level combines competence-based, activity, adaptive, personality-oriented, and technological approaches that define the structure and logic of forming STEM competence. The technological level reflects the practical implementation of the methodology through the creation of a digital STEM environment, the use of virtual laboratories, simulations, augmented reality platforms, and digital modeling tools. It is emphasized that the developed methodological framework fosters intellectual development, enhances students' motivation to study physics, and contributes to the formation of skills necessary for future professional activity in high-tech and research-oriented fields.*

**Key words:** *STEM competence, STEM education, digital technologies, digital transformation, digital technologies, physics teaching, methodology, approaches, education, educational environment*

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025

Дата публікації: 26.12.2025