

УДК 37.026.3

DOI <https://doi.org/10.32782/cusu-pmtp-2023-2-3>

ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ STEM-КОМПЕТЕНТНОСТІ УЧНІВ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ ЗАСОБАМИ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Донець Наталія Володимирівна,

аспірантка кафедри природничих наук і методик їхнього навчання

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID ID: 0000-0002-0989-531X

Донець Ігор Петрович,

завідувач майстерні кафедри технологічної та професійної освіти

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID ID: 0009-0001-4032-0119

Трифоновна Олена Михайлівна,

доктор педагогічних наук, професор,

в.о. завідувача кафедри математики та цифрових технологій

Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка

ORCID ID: 0000-0002-6146-9844

Scopus-Author ID: 57217117658

Researcher ID: AAJ-9881-2020

Роль цифрових технологій в освітньому процесі нині стає все більш вагомим та невід'ємною частиною формування компетентностей учнів у різних науках і дисциплінах. Особливо важливим є їх вплив на вивчення природничих наук, зокрема фізики, оскільки ця дисципліна вимагає розвитку аналітичного мислення, технічних навичок та здатності до розв'язання складних завдань. Цифрові технології сприяють підвищенню інтерактивності уроків фізики. Використання віртуальних лабораторій, симуляцій та інтерактивних програм дозволяє учням експериментувати та спостерігати за фізичними явищами у безпечному середовищі. Це сприяє зрозумінню та пам'ятанню матеріалу, а також розвиває навички самостійної роботи та критичного мислення. Важливою складовою формування STEM-компетентності є використання програмування та робототехніки у навчанні фізики. Це дозволяє учням створювати власні експерименти, моделі та проекти, що сприяє розвитку творчого мислення, інженерних навичок та здатності до роботи в команді. Важливим виступає зв'язок фізики з іншими STEM-дисциплінами, а цифрові технології допомагають відзначити цей зв'язок. Учні можуть вивчати фізику, використовуючи приклади з математики, хімії та інженерії, що робить навчання більш цікавим та зрозумілим. Формування STEM-компетентності учнів під час вивчення фізики за допомогою цифрових технологій є актуальною та необхідною завданням у сучасній освіті. Це сприяє розвитку глибокого розуміння фізичних явищ, розширенню навичок учнів у сфері науки та технологій, що, у свою чергу, підготує нове покоління фахівців для розвитку сучасного суспільства.

Ключові слова: STEM, STEM-компетентності, цифрові технології, навчання фізики, критичне мислення.

Donets Nataliia, Donets Ihor, Tryfonova Olena. Formation of component elements of students' STEM competence during the study of physics using digital technologies

The role of digital technologies in the educational process is now becoming an increasingly significant and integral part of the formation of students' competencies in various sciences and disciplines. Their influence on the study of natural sciences, in particular physics, is especially important, since this discipline requires the development of analytical thinking, technical skills and the ability to solve complex problems. Digital technologies contribute to increasing the interactivity of physics lessons. The use of virtual laboratories, simulations and interactive programs allows students to experiment and observe physical phenomena in a safe environment. This helps to understand and remember the material, and also develops the skills of independent work and critical thinking. An important component of the formation of STEM competence is the use of programming and robotics in teaching physics. It allows students to

create their own experiments, models and projects, which promotes creative thinking, engineering skills and the ability to work in a team. The connection between physics and other STEM disciplines is important, and digital technologies help to mark this connection. Students can study physics using examples from mathematics, chemistry and engineering, making learning more interesting and understandable. Formation of STEM competence of students during the study of physics with the help of digital technologies is a relevant and necessary task in modern education. This contributes to the development of a deep understanding of physical phenomena, the expansion of students' skills in the field of science and technology, which, in turn, prepares a new generation of specialists for the development of modern society.

Key words: *STEM, STEM-competencies, digital technologies, teaching physics, critical thinking.*

Вступ. Розвиток та конкурентоспроможність національної економіки України, забезпечення обороноздатності нашої держави вимагають від сфери освіти створення нових ідей, знань і технологій. Це можливо шляхом впровадження практико-орієнтованого навчання і створення проблемних ситуацій для здобуття необхідних компетентностей. Розвиток ІТ-галузей, нанотехнологій вимагає кваліфікованих фахівців високотехнологічних галузей, здатних до комплексної науково-інженерної діяльності. Відповідно, особливу увагу необхідно приділяти забезпеченню формуванню так званих компетентностей для життя. Важливе місце серед таких компетентностей займає STEM-компетентність.

STEM-освіта дуже активно реалізується в США, Великобританії, Японії, Польщі і т.д. Впровадження STEM відбувається на різних рівнях: освітньому, промисловому та громадському. Багато країн впроваджують STEM-орієнтовані програми у школах та університетах. Це включає в себе спеціальні STEM-класи, STEM-школи, STEM-навчальні плани та STEM-конкурси. Заклади освіти акцентують увагу на практичних вправах, проєктній роботі, експериментах і співпраці між предметами. Різні громадські організації та фонди працюють над популяризацією STEM-освіти серед широкої громадськості. Вони проводять наукові фестивалі, виставки, лекції та воркшопи, щоб зацікавити і надихнути молодих людей на вивчення STEM-дисциплін.

У світі також відбуваються обміни та співробітництво між різними країнами у галузі STEM. Це включає в себе обмін студентами, науковими співробітниками та експертами, проведення спільних досліджень та проєктів, а також спільне розв'язання глобальних викликів.

Впровадження STEM у світі має на меті стимулювати інтерес до науки, технологій, інженерії та математики, розвивати критичне мислення, проблемне мислення та інноваційні навички у молодих поколіннях, а також забезпечити кваліфікованих фахівців для промисловості та дослідницької сфери.

Вивчення STEM в Україні також набуває все більшої популярності. Уряд України визнає важливість розвитку STEM-освіти і включив її в національну стратегію розвитку освіти. Подальший розвиток STEM-навчання базується на впровадженні реформи «Нова українська школа», яка у вересні 2022 р. розпочалася на рівні базової середньої освіти, з урахуванням плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти до 2027 р. (затвердженого розпорядженням Кабінету Міністрів України від 13 січня 2021 р. № 131-р) [1]. Відповідно, Концепція розвитку природничо-математичної освіти визначає комплекс заходів, пов'язаних з формуванням і з розвитком навичок науково-дослідницької та інженерної діяльності, винахідництва, підприємництва, ранньої професійної самовизначеності, популяризацією науково-технічних та інженерних професій. Все це не можливо реалізувати без запровадження засобів цифрових технологій.

Методи дослідження. Під час дослідження використовувалися такі теоретичні методи, як аналіз наукової і методичної літератури, підручників і навчальних посібників; узагальнення з метою визначення понятійного апарату дослідження, формулювання висновків, виокремлення складових елементів STEM-компетентності.

Напрямок дослідження визначено відповідно до тематичного плану наукових досліджень Лабораторії дидактики фізики, технологій та професійної освіти Інституту педагогіки

Національної академії педагогічних наук України в Центральноукраїнському державному університеті імені Володимира Винниченка і є складовою теми: «Цифровізація освітнього середовища та STEM-технології (держ. реєстр. № 0122U201725, з 2022 р.)».

Результати досліджень. В Україні вивчення питання впровадження засад STEM в освіту активно займаються сучасні науковці. Зокрема, П.С. Атаманчук досліджує питання STEM інтеграції; О.Є. Стрижак розглядає трансдисциплінарність STEM; І.А. Сліпухана [2] досліджує мультидисциплінарний підхід STEM; І.П. Василяшко [3] досліджує освітнє середовище з точки зору STEM; О.С. Кузьменко, В. Ф. Заболотний, С.Г. Литвинова, О.С. Мартинюк, М.І. Садовий, І.В. Сальник [4], Д.В. Соменко [4, 5], О.М. Трифонова [3] досліджують загальні питання STEM-освіти.

Значущість вказаних аспектів для покращення якості навчання учнів з фізики активно зростає протягом останніх років. Але нині вимогою часу є розгляд питання формування STEM-компетентності учнів на уроках фізики саме засобами цифрових технологій.

Вивчення фізики за допомогою цифрових технологій сприятиме розвитку STEM-компетентності учнів. Нами виокремлено десять основних елементів STEM-складових компетентностей, які можна сформувати в учнів під час такого навчання:

1. Обробка та аналіз даних: учні можуть навчитися збирати, організовувати та аналізувати фізичні дані за допомогою спеціалізованих програм і датчиків.

2. Моделювання: використання цифрових технологій для створення фізичних моделей та симуляцій різних фізичних явищ.

3. Програмування: навички програмування дозволять учням створювати власні програми для аналізу даних та моделювання фізичних процесів.

4. Робототехніка: розробка та програмування роботів для вивчення фізичних законів та вирішення завдань з фізики.

5. Візуалізація: навички створення візуалізацій фізичних явищ за допомогою графіки та анімації.

6. Комунікація та представлення даних: вміння ефективно представляти результати досліджень та даних через цифрові засоби (графіки, презентації, відео).

7. Співпраця та групова робота: здатність спільно працювати над проектами, використовуючи цифрові інструменти для обміну інформацією та спільного вирішення завдань.

8. Проблемне мислення: розвиток навичок аналізу та вирішення фізичних задач за допомогою цифрових інструментів.

9. Критичне мислення: здатність аналізувати та оцінювати інформацію, отриману з датчиків та програм, на предмет точності та достовірності.

10. Інтердисциплінарність: здатність застосовувати знання з інших STEM-галузей (наприклад, математики, інформатики) для вирішення фізичних проблем і завдань.

Названі компетентності сприятимуть не лише кращому розумінню фізичних явищ, але і розвитку загальних навичок, корисних у сучасному світі.

Розглянемо детальніше запропоновані нами алгоритми щодо розвитку деяких із зазначених компетентностей.

Формування STEM-компетентності «**Обробка та аналіз даних**».

– **Збір даних:** учні повинні навчитися збирати фізичні дані за допомогою різних датчиків та приладів. Наприклад, вимірювання температури за допомогою термометра або реєстрація руху об'єкта за допомогою акселерометра на смартфоні.

– **Запис даних:** учні мають навчитися правильно записувати отримані дані, включаючи одиниці вимірювання. Наприклад, записувати температуру в градусах Цельсія та фіксувати час зняття вимірювань.

– **Перетворення даних:** використовуючи цифрові інструменти, учні повинні навчитися перетворювати зібрані дані в інші формати, наприклад, створювати графіки чи діаграми для візуалізації.

– **Статистичний аналіз:** учні мають вивчити основи статистики, щоб аналізувати отримані дані. Наприклад, вони можуть визначати середнє значення температури або розраховувати стандартне відхилення вимірювань.

– **Інтерпретація результатів:** після аналізу даних учні мають навчитися робити висновки та робити припущення про фізичні явища, які спричиняють отримані результати. Наприклад, якщо графік показує зміну температури з часом, учні можуть зробити висновок про те, які процеси відбуваються в системі.

Прикладом може бути дослідження теплового розширення рідини за допомогою цифрового термометра та запис результатів в таблицю. Після цього учні можуть побудувати графік зміни об'єму рідини від температури та зробити висновки про властивості розширення рідини при підвищенні температури. Це навчить їх збирати, обробляти та аналізувати дані в контексті фізичних експериментів за допомогою цифрових інструментів.

Формування STEM-компетентності «Співпраця та групова робота» в учнів під час вивчення фізики за допомогою цифрових технологій може бути здійснене за допомогою такого алгоритму:

– **Створення мультимедійних проєктів:** Учні можуть розробляти мультимедійні презентації, відео або веб-сайти для подання результатів своїх досліджень та проєктів з фізики. Наприклад, учні можуть створити відео, де пояснюють фізичні концепції, використовуючи анімацію та інтерактивні елементи.

– **Спільний аналіз та обговорення даних:** учні можуть працювати в групах для аналізу та обговорення результатів експериментів або досліджень, використовуючи спеціальні програми для обробки даних. Наприклад, група учнів може досліджувати закони руху, записуючи дані з датчиків руху та обговорюючи їх разом.

– **Рольові ігри та симуляції:** учні можуть використовувати цифрові симуляції для відтворення фізичних ситуацій, де кожен учасник відіграє свою роль. Наприклад, створити симуляцію взаємодії двох автомобілів та дослідити наслідки взаємодії різних параметрів.

– **Завдання для групи зі змінними ролями:** завдання можна створити так, щоб учні по черзі виконували різні ролі в команді (наприклад, дослідника, програміста, дизайнера), спільно працюючи над проєктом. Прикладом може бути створення робота для вирішення конкретної фізичної задачі, де кожен учень відповідає за свій аспект проєкту.

– **Оцінка та рефлексія:** важливо включити етап оцінки та рефлексії, де учні обговорюють результати своєї спільної роботи, ідентифікують проблеми та шляхи покращення співпраці в майбутньому.

Наприклад, учні можуть спільно розробити ігровий додаток для симуляції фізичних явищ, де кожен відповідає за певну частину розробки: фізичні обчислення, графічний інтерфейс, програмний код. Такий проєкт сприяє розвитку навичок співпраці, адаптації до ролей та вирішенню складних завдань як команда.

Алгоритм формування компетенції «Критичного мислення» учнів під час вивчення фізики за допомогою цифрових технологій може бути поділений на кілька кроків:

– **Усвідомлення потреби у критичному мисленні:** полягає у розумінні важливості критичного мислення в контексті фізики та впізнання ситуацій, де воно може бути застосоване. Наприклад, учні можуть розглядати експерименти, де результати суперечать інтуїції, і визначити, як критичне мислення допомогло б розкрити причини таких результатів.

– **Навчання навичкам критичного мислення:** учні повинні навчитися аналізувати інформацію, ставити запитання та розв'язувати завдання з фізики, використовуючи систематичний та об'єктивний підхід. Наприклад, під час вивчення закону Архімеда учні можуть аналізувати експериментальні дані та перевіряти, чи вони не суперечать цьому закону.

– **Стимулювання критичного мислення через суперечності:** вчителі можуть створювати ситуації, де існують суперечності або незрозумілості у фізичних явищах. Наприклад, показати

ситуацію, коли закони збереження не виконуються в певних умовах, і надихати учнів аналізувати, чому це сталося.

– **Використання інтерактивних додатків та симуляцій:** використання цифрових інструментів для створення симуляцій фізичних явищ дозволяє учням використовувати критичне мислення для визначення параметрів та властивостей системи. Наприклад, використання симуляції для дослідження траєкторій руху тіл під впливом різних сил.

– **Оцінка та рефлексія:** учні мають навчатися оцінювати результати свого критичного мислення, перевіряти правильність власних висновків та визначати можливі джерела помилок. Наприклад, після аналізу результатів дослідження впливу температури на об'єм газу учні можуть робити висновки щодо точності своїх вимірювань та можливих систематичних помилок.

Запропонований алгоритм сприяє формуванню критичного мислення в учнів під час вивчення фізики, розвиваючи навички аналізу та об'єктивного підходу до розв'язання фізичних проблем.

STEM-компетенція «**Інтердисциплінарність**» є ключовою для розвитку учнів і включає в себе здатність застосовувати знання та навички з різних STEM-галузей для розв'язання складних завдань та проблем. Формування цієї компетенції в учнів може бути досягнуте через такий алгоритм:

– **Закладення фундаментальних знань:** учні повинні отримати фундаментальні знання в різних STEM-галузях, таких як математика, фізика, хімія та інші. Ці знання є базовою основою для подальшого їх застосування.

– **Пошук зв'язків:** учні повинні бути стимульовані шукати зв'язки між різними галузями. Наприклад, під час вивчення фізики вони можуть з'єднувати знання з математики для створення математичних моделей фізичних явищ.

– **Міжпредметні проекти:** один з найефективніших способів формування інтердисциплінарних навичок – це залучення учнів до міжпредметних проектів. Наприклад, створення робота для вивчення фізичних законів може включати в себе знання із програмування (інформатика), електроніки (технологія), фізики та математики.

– **Співпраця з вчителями:** вчителям потрібно співпрацювати між собою для створення інтегрованих уроків та проектів, які об'єднують різні STEM-предмети. Наприклад, урок фізики може бути поєднаним з уроком математики для розрахунку швидкості руху тіла.

– **Постійний розвиток:** інтердисциплінарність – це навичка, яка розвивається з часом. Учні повинні мати можливість постійно вдосконалювати свої навички, досліджуючи нові STEM-галузі та використовуючи їх для вирішення різних завдань і проблем.

Прикладом інтердисциплінарного проекту може бути дослідження впливу кута нахилу панелей сонячних батарей на їхню ефективність (фізика) та розрахунок оптимального кута з використанням геометричних принципів (математика). Учні можуть також вивчити екологічні аспекти використання сонячної енергії (екологія) та створити комп'ютерну модель для прогнозування ефективності сонячних панелей в різних умовах (інформатика). Такий проект дозволяє учням застосовувати знання з різних STEM-галузей для розв'язання практичної задачі.

Інтердисциплінарність допомагає учням розвивати глибоке розуміння фізики та застосовувати її принципи в різних контекстах, що стає важливою навичкою в сучасному науковому та технологічному світі.

Висновки. Вивчення фізики за допомогою цифрових технологій відкриває перед учнями широкий спектр можливостей для розвитку STEM-компетентності. Нами виокремлено десять компетентностей, які є складовою STEM-компетентності і можуть бути сформованими в учнів під час вивчення фізики з використанням цифрових технологій. Виокремлені нами компетентності охоплюють різні аспекти фізики, від збору та аналізу даних до моделювання фізичних явищ, від програмування роботів до візуалізації результатів.

Вивчення фізики з використанням цифрових технологій сприяє більш глибокому і практичному розумінню предмету, а також розвитку загальних навичок, які є важливими в сучасному світі, де STEM-компетентності стають все більш важливими. Ці навички допоможуть учням вирішувати різноманітні завдання та проблеми не лише в фізиці, але й у багатьох інших сферах життя і науки.

Література:

1. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text>.
2. Сліпухіна І.А., Чернецький І.С., Меньяйлов С.М. Сучасний фізичний експеримент у дидактиці STEM орієнтованого навчання. *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія : Педагогічна*. 2016. Вип. 22. С. 224–228.
3. Збірник матеріалів «STEM-школа – 2022» / С.Л. Горбенко, Н.І. Гущина, Л.Г. Булавська. Київ : Видавничий дім «Освіта», 2022. 215 с.
4. Використання платформи ARDUINO у підготовці вчителів фізики до STEM орієнтованого навчання / І.В. Сальник, Д.В. Соменко, Е.П. Сірик. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2023. Том 95. № 3. С. 124–142.
5. Трифонова О.М., Соменко Д.В., Губенко В.А. Інтерактивні технології як елемент сучасного освітнього середовища. *Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи*: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Полтава, 20-21 березня 2023 р. Полтава : ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2023. С. 192–195.
6. Лист ІМЗО від 01.08.2023 № 1242 «Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2023/2024 навчальному році». URL: <https://imzo.gov.ua/2023/08/23/lyst-imzo-vid-01-08-2023-1242-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2023-2024-navchal-nomu-rotsi/>.
7. Донець Н.В., Ляшенко М.О., Трифонова О.М. Формування експериментаторської компетентності в старшокласників з використанням цифрових вимірювальних комплексів на уроках природничих наук. *Проблеми та інновації в природничо-математичній, технологічній і професійній освіті*: зб. матер. ІХ Міжнар. наук.-практ. онлайн-інтернет конф., м. Кропивницький, 18-29.11.2019. Кропивницький : РВВ ЦДПУ ім. В. Винниченка, 2019. С. 82–85.

References:

1. Pro zatverdzhennya planu zakhodiv shchodo realizatsiyi Kontseptsiyi rozvytku pryrodnycho-matematychnoyi osvity (STEM-osvity) do 2027 roku URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/131-2021-%D1%80#Text> [in Ukrainian]
2. I. A. Slipukhina, I. S. Chernets'kyu, S. M. Myenyaylov, ZH. O. Rudnyts'ka, H. D. Mateyik (2016). Suchasnyy fizychnyy eksperyment u dydaktytsi STEM oriyentovanoho navchannya [Modern physical experiment in the didactics of STEM oriented learning]. Zbirnyk naukovykh prats' Kam'yanets'-Podil's'koho natsional'noho universytetu imeni Ivana Ohiyenka. Seriya : Pedahohichna. Vyp. 22. P. 224-228. [in Ukrainian]
3. С. Л. Horbenko, N. I. Hushchyna, L. H. Bulavs'ka, I. P. Vasylyashko, O. V. Korshunova (2022) Zbirnyk materialiv «STEM-shkola – 2022» [Collection of materials "STEM school - 2022]. K.: Vydavnychyy dim «Osvita». 215 p. [in Ukrainian]
4. Salnyk I.V., Somenko D.V., Siryk E.P. (2023) Vykorystannia platformy ARDUINO u pidhotovtsi vchyteliv fizyky do STEM oriyentovanoho navchannia [Using the ARDUINO platform in the preparation of physics teachers for STEM-oriented teaching]. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia, T 95. No 3. P. 124–142. [in Ukrainian]
5. Tryfonova, O.M., Somenko, D.V., Hubenko, V.A., Dobrovan, K.M., Lysytsya, A.H. (2023). Interaktyvni tekhnolohiyi yak element suchasnoho osvitynoho seredovyshecha [Interactive technologies as an element of the modern educational environment]. Suchasna nauka ta osvita: stan, problemy, perspektyvy: mater. Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 20-21 bereznya 2023 r. Poltava: DZ „LNU imeni Tarasa Shevchenka”, 2023. P. 192–195. [in Ukrainian]
6. Lyst IMZO vid 01.08.2023 № 1242 «Metodychni rekomendatsiyi shchodo rozvytku STEM-osvity v zakladakh zahal'noyi seredn'oyi ta pozashkil'noyi osvity u 2023/2024 navchal'nomu rotsi» URL: <https://imzo.gov.ua/2023/08/23/lyst-imzo-vid-01-08-2023-1242-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2023-2024-navchal-nomu-rotsi/> [in Ukrainian]
7. Donetsk N. V., Lyashenko M. O., Tryfonova O. M. (2019) Formuvannya eksperymentators'koyi kompetentnosti v starshoklasnykiv z vykorystanniam tsyfrovyykh vymiryval'nykh kompleksiv na urokakh pryrodnychyykh nauk [Formation of experimental competence in high school students using digital measuring systems in natural science lessons]. Problemy ta innovatsiyi v pryrodnycho-matematychniy, tekhnolohichniy i profesiyniy osviti: zb. mater. IKN Mizhnar. nauk.-prakt. onlayn-internet konf., m. Kropyvnyts'kyu, 18-29.11.2019. Kropyvnyts'kyu: RVV TSDPU im. V. Vynnychenka. P. 82–85. [in Ukrainian].