

for modern astrophysics, including a region of extremely high temperatures (“the wall of fire”), an increased concentration of high-energy particles, and an unexpected alignment between the interstellar and heliospheric magnetic fields. These findings broaden current understanding of the boundaries of the Solar System and the interaction between solar and interstellar media.

Alongside their scientific value, the materials obtained from the Voyager mission possess considerable educational and methodological potential. They can be effectively integrated into the professional training of master’s students majoring in Secondary Education (Physics and Astronomy) to develop astronomical competence, enhance research skills, work with real scientific data, and incorporate contemporary astrophysical knowledge into the school curriculum of physics and astronomy.

Key words: Voyager 1, Voyager 2, Solar System, heliopause, magnetic fields, interstellar space, teacher training, astronomical competence.

References:

1. «Astroosvita» (veb-sajt astronomichnoyi osvity). URL: <http://astroosvita.kiev.ua/>
2. «Astronomichna observatoriya» (veb-sajt Astronomichnoyi observatoriyi Kyuyivs`kogo nacional`nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka). URL: <http://www.observ.univ.kiev.ua>
3. «Astronomiya dlya vsix» (personal`nyj sayt Yu.B. Myroshnichenka. URL: <http://yuriy-myroshnichenko.edukit.kiev.ua/>
4. «NASA Astronomical News. Space News»: website. URL: <http://www.nasa.gov/>
5. «Astrofizyka vysokyx energyj» (veb-sajt viddilu Astrofizyky vysokyx energij). URL: <http://hea.iki.rssi.ru/ru/index.php/>
6. The European Space Agency (ESA): website. URL: <http://www.esa.int/rosetta>
7. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR): website. URL: <http://www.dlr.de>
8. «Kafedra astronomiyi ta fizyky kosmosu» (veb-sajt kafedry astronomiyi ta fizyky kosmosu fizychnogo fakul`tetu Kyuyivs`kogo nacional`nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka). URL: http://space.univ.kiev.ua/viewpage.php?page_id=1/
9. «Kyuyivs`kyj planetarij» (veb-sajt Kyuyivs`kogo planetariyu). URL: <http://www.kievplanet.org.ua/>
10. «Naukova biblioteka» (veb-sajt Naukovoyi biblioteki). URL: <http://www.library.ukma.kiev.ua/>
11. Voyadzher-1. Veb-sajt «Vikipediya». URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D1%8F%D0%B4%D0%B6%D0%B5%D1%80-1>
12. Web-page of the ASTROPHYSICAL JOURNAL "Forbes" <https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2018/03/24/ask-ethan-if-dark-matter-is-everywhere-why-havent-we-detected-it-in-our-solar-system/?sh=763945c5352f>
13. «Dominion Astrophysical Observatory»: website. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2023/11/231120170937.htm>
14. Muinonen K. Coherent backscattering by Solar system dust particles. In: IAU Symposium No. 160, *Asteroids, Comets, Meteors 2013*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht. 2014. P. 271–296.
15. Muinonen K. Coherent backscattering of light by complex random media of spherical scatterers: Numerical solution. *Waves in Random Media*. 2004. № 14 (3). P. 365–388.
16. Asteroid photometric and polarimetric phase effect / Muinonen K. at all. In: *Asteroids III* (W. Bottke et al. eds.). Univ. of Arizona, Tucson. 2022. P. 123–138.
17. Polarization and brightness opposition effects for the E-type Asteroid 64 Angelina / Rosenbush V.K. at all. *Icarus*. 2005. V. 178. P. 222-234.

Отримано: 2.11.2025

УДК 378.147:004:37.026

DOI: 10.32626/2307-4507.2025-31.147-151

Ростислав МОЦИК¹, Юрій СМОРЖЕВСЬКИЙ², Ірина ГОРДІЄНКО³

^{1,2}Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

³Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка

e-mail: ¹motsyk@kpnpu.edu.ua, ²smorzhevskiy@kpnpu.edu.ua, ³hordijenko@dspu.edu.ua;

ORCID: ¹0000-0003-0947-3579, ²0000-0001-9832-3390, ³0000-0001-6182-4968

STEM-СЕРЕДОВИЩЕ ЯК ДЕТЕРМІНАНТА ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНО-ОСОБИСТІСНИХ ЯКОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ВЧИТЕЛІВ ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ДИСЦИПЛІН В УМОВАХ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Анотація. У статті теоретично обґрунтовано роль STEM-середовища як ключового детермінанта (визначального фактора) у підготовці майбутніх вчителів фізико-технологічних дисциплін. Проаналізовано, що інтегрований та проєктно-орієнтований STEM-підхід є сучасною відповіддю на виклики цифрової трансформації освіти, яка вимагає від педагогів формування компетентностей XXI століття – критичного мислення, креативності, навичок міждисциплінарної комунікації та високої цифрової грамотності. Показано, що організоване STEM-середовище (включно з м'якоорієнтованими інструментами Google Workspace, Microsoft 365, Canvas for Education) сприяє реалізації принципів активного навчання (active learning) та персоналізації, перетворюючи здобувача освіти з об'єкта на суб'єкта навчання. Визначено, що систематичне залучення студентів до інженерних та дослідницьких проєктів у цьому середовищі безпосередньо формує такі професійно-особистісні якості, як професійна самостійність, інноваційність, гнучкість та стресостійкість, що є критичними для «Вчителя 4.0». Обґрунтовано педагогічні, організаційні та технічні умови, необхідні для ефективної інтеграції STEM-середовища у навчальний процес ЗВО. Зроблено висновок, що STEM-середовище є системоутворювальним чинником у розвитку цифрової компетентності учасників освітнього процесу та забезпеченні якісної підготовки педагогів.

Ключові слова: STEM-середовище, цифрова трансформація освіти, професійно-особистісні якості, вчителі фізико-технологічних дисциплін, компетентності XXI століття, проєктне навчання, цифрова компетентність.

Сучасний освітній простір зазнає глобальної цифрової трансформації, що висуває радикально нові вимоги до підготовки педагогічних кадрів. Традиційні методи навчання, які фокусуються на ізольованому засвоєнні предметних знань, виявляються недостатніми для підготовки вчителя, здатного працювати в умовах четвертої промислової революції. Для майбутніх вчителів фізико-технологічних дисциплін критично важливо не просто володіти предметними знаннями (фізика, технології), а й мати сформовані професійно-особистісні якості – критичне мислення, креативність, здатність до міждисциплінарної співпраці та високу цифрову компетентність [1].

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) є світовою відповіддю на ці виклики, пропонуючи інтегрований, проєктно-орієнтований підхід. Проте, незважаючи на широке визнання STEM-підходу, на практиці часто спостерігається його фрагментарне використання або зведення лише до технічного оснащення, без належної педагогічної доцільності та інтеграції у формування ключових якостей особистості вчителя.

Складність полягає у тому, що ефективне STEM-середовище – це не лише набір обладнання, а й комплексна дидактична модель, яка повинна виступати детермінантою (визначальним фактором) розвитку необхідних якостей. Таким чином, постає потреба у глибокому аналізі впливу цілісно сформованого STEM-середовища на становлення професійної та особистісної зрілості майбутніх педагогів фізико-технологічного профілю.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного вивчення та обґрунтування ролі інтегрованого STEM-середовища у побудові стійкого й ефективного цифрового освітнього середовища, орієнтованого на формування компетентностей XXI століття у майбутніх вчителів. Проблематика підготовки педагогів в умовах цифрової трансформації та впровадження інноваційних технологій, особливо у контексті STEM-освіти, є предметом інтенсивних наукових дискусій як в українському, так і в міжнародному освітньому просторі. Дослідники наголошують, що технологічні зміни не лише розширюють технічні можливості освітніх закладів, а й створюють підґрунтя для реалізації принципів відкритої освіти, індивідуалізації та безперервного навчання.

Фундаментальні праці українських науковців, зокрема В. Бикова, Н. Морзе, О. Спіріна, А. Гуржія, ґрунтовно висвітлюють концептуальні засади цифрової трансформації освіти та підкреслюють роль технологій у розвитку інфраструктури цифрового освітнього середовища. Ці підходи визнають, що цифровізація передбачає перехід від формального знання до формування комплексних компетентностей, зокрема цифрової, інформаційної та комунікативної [1-4].

Особливе місце в сучасних дослідженнях посідає вивчення потенціалу хмарних сервісів, які є невід'ємною складовою ефективного цифрового та, відповідно, STEM-середовища. Науковці доводять, що хмарні сервіси (як-от Google Workspace, Microsoft 365) забезпечують середовище для активного навчання (active learning), в якому учні не лише споживають контент, а й беруть участь у його створенні, аналізі, та спільному обговоренні. Це реалізує принципи соціального кон-

структивізму, де знання створюються у взаємодії, і здобувач освіти виступає суб'єктом навчання.

Українські дослідження зосереджені на практичному застосуванні окремих хмарних сервісів (Zoom, Canva, Padlet, Classkick) у процесі організації дистанційного та змішаного навчання. У роботах О. Капітан, Ю. Триуса, О. Пасічник обґрунтовано ефективність цих технологій для розвитку цифрової грамотності педагогів та учнів, а також створення інтерактивного та візуалізованого контенту. Це формує базу для розуміння технологічного ядра STEM-середовища, яке ми досліджуємо.

Міжнародні та вітчизняні дослідники (Т. Bates, М. Weller, Н. Jenkins) акцентують увагу на педагогічному потенціалі інноваційних підходів, необхідних для формування цифрової культури вчителів. Вони підкреслюють, що ці підходи мають значний вплив на методику проєктування сучасних освітніх курсів, що базуються на взаємодії, доступності та персоналізації [11-15].

Попри значну кількість теоретичних і прикладних напрацювань, досі недостатньо розробленими залишаються питання, які фокусуються на предметних компетентностях або цифровій грамотності. Менше уваги приділяється дослідженню того, як саме інтегрована STEM-діяльність (моделювання, інженерія, робототехніка) систематично та цілеспрямовано формує професійно-особистісні якості майбутнього вчителя фізико-технологічних дисциплін (як-от професійна самостійність, інноваційність, гнучкість, стресостійкість). Також відзначається нестача узагальнених критеріїв педагогічно доцільного вибору та інтеграції STEM-інструментів у навчальний процес. Недостатньо розроблені питання методичного супроводу впровадження цих сервісів, особливо на етапі інтеграції технологій у традиційні форми навчання. Існує потреба в обґрунтуванні моделі, де STEM-середовище розглядається не просто як сума обладнання, а як цілісний педагогічний дизайн, який є детермінантою розвитку особистості. Необхідно визначити, які саме педагогічні, організаційні та технічні умови (аналогічно до обґрунтованих у контексті хмарних сервісів) є критичними для успішного впровадження STEM-підходу у ЗВО [4].

Мета статті – теоретично обґрунтувати та визначити STEM-середовище як ключовий детермінант (визначальний чинник) формування критично важливих професійно-особистісних якостей майбутніх вчителів фізико-технологічних дисциплін в умовах глобальної цифрової трансформації освітнього простору.

Отримані результати нашого дослідження ґрунтуються на проведеному педагогічному експерименті, метою якого було емпіричне підтвердження гіпотези про те, що STEM-середовище виступає детермінантою формування професійно-особистісних якостей майбутніх вчителів фізико-технологічних дисциплін. Дослідження проводилося на базі закладів вищої освіти, що здійснюють підготовку педагогів за відповідним профілем.

У педагогічному експерименті взяли участь 120 студентів 3-4 курсів, які навчаються за спеціальностями, пов'язаними з викладанням фізики, технологій та інформатики. Студенти були розподілені на контрольну групу (КГ, N = 60) та експериментальну групу (ЕГ, N = 60). Розподіл здійснювався за принци-

пом паритетності початкового рівня знань та середнього балу. В контрольній групі (КГ) навчання здійснювалося за традиційною методикою, яка передбачала переважно фронтальні лекції, лабораторні роботи за чітко визначеним алгоритмом та індивідуальні письмові завдання. Використання цифрових технологій було обмежене до загальноприйнятого мінімуму (презентації, використання LMS).

В експериментальній групі (ЕГ) навчання було повністю інтегроване у цілісне STEM-середовище, яке включало:

- проектно-орієнтовані завдання, які мали щосеместрові міждисциплінарні проекти (робототехніка, 3D-моделювання, інженерне прототипування) з елементами фізичного експерименту та програмування;
- хмароорієнтована колаборація зі систематичним використанням хмарних сервісів (Google Workspace, Microsoft Teams) для спільної розробки проектною документації, аналізу даних та комунікації;
- віртуальні та доповнені лабораторії (VR/AR) із застосуванням технологій для візуалізації складних фізичних процесів та моделювання.

Для оцінки рівня сформованості професійно-особистісних якостей використовувався комплекс методів на констатуючому (початковому) та формуючому (фінальному) етапах, а саме адаптований тест Торренса (фігурний варіант) та методика оцінки дивергентного мислення. Експертна оцінка якості розроблених проектів за критеріями інноваційності, функціональності та міждисциплінарної інтеграції (шкала від 0 до 5 балів). Методика діагностики професійної самостійності (за О.В. Льюшиною) та шкала оцінки копінгових стратегій (стресостійкості).

Аналіз результатів показав значну позитивну динаміку у студентів ЕГ щодо формування професійних якостей, які є критичними для вчителя фізико-технологічних дисциплін. Особливо відчутною ця динаміка була у показниках, безпосередньо пов'язаних із STEM-діяльністю (табл. 1).

Проектне мислення оцінювалося як здатність бачити проблему комплексно, планувати етапи реалізації інженерного рішення, розподіляти ресурси та працювати в команді.

Таблиця 1

Приріст рівня проектного мислення в ЕГ

Група	Рівень ПМ на початку експерименту (констатуючий)	Рівень ПМ наприкінці експерименту (формулюючий)	Приріст (%)
КГ	2.51 ± 0.35 балів	2.89 ± 0.40 балів	15.1%
ЕГ	2.48 ± 0.32 балів	3.95 ± 0.48 балів	59.3%

Приріст рівня проектного мислення в ЕГ майже вчетверо перевищує показник КГ. Це пояснюється тим, що систематичне виконання комплексних, неалгоритмізованих STEM-проектів у віртуальному та фізичному середовищах вимагало від студентів ЕГ постійного проектного планування, управління міжпредметними зв'язками та прийняття самостійних інженерних рішень. Це доводить, що саме проектна діяльність у STEM-середовищі є ключовим механізмом розвитку цієї якості.

Здатність до міждисциплінарної інтеграції (ЗМІ) оцінювалася через здатність застосовувати знання з

фізики, інформатики та технологій для створення єдиного функціонального об'єкта (прототипу) (табл. 2).

Таблиця 2

Рівень здатності до міждисциплінарної інтеграції

Рівень ЗМІ	КГ на початку (%)	ЕГ на початку (%)	КГ наприкінці (%)	ЕГ наприкінці (%)
Високий	10%	12%	15%	58%
Середній	45%	40%	55%	35%
Низький	45%	48%	30%	7%

Після проведення експерименту, частка студентів ЕГ з високим рівнем ЗМІ зросла майже в 5 разів. Це прямий наслідок вимоги STEM-середовища до синергії знань. У КГ студенти продовжували сприймати фізику і програмування як окремі дисципліни. В ЕГ, навпаки, створення робота, який реагує на фізичні параметри середовища (наприклад, освітленість або температуру), змушувало їх синтезувати закони оптики/термодинаміки, мікроконтролерне програмування (інформатика) та інженерне конструювання (технології). Таким чином, інтегративна природа STEM-середовища виявилася критичною для формування ЗМІ.

Однією з ключових гіпотез дослідження була теза, що STEM-середовище є детермінантою для розвитку саме особистісних якостей майбутнього вчителя.

Креативність оцінювалася через показники біглоті (кількість ідей), гнучкості (різноманітність ідей) та оригінальності (унікальність ідей) при вирішенні нетипових завдань (інженерних кейсів) (табл. 3).

Таблиця 3

Показники креативності

Показник креативності (бали)	КГ (початковий)	ЕГ (початковий)	КГ (фінальний)	ЕГ (фінальний)	Приріст ЕГ (%)
Біглість ідей	5.2	5.3	6.0	7.9	49.0%
Оригінальність ідей	4.8	4.7	5.1	6.8	44.7%
Сумарний індекс	10.0	10.0	11.1	14.7	47.0%

Значний приріст креативності в ЕГ (за сумарним індексом на 47%) пояснюється тим, що STEM-завдання не мають єдиного правильного рішення і вимагають від студентів самостійного пошуку та проектування унікальних інженерних рішень. Необхідність постійного прототипування (фізичного та віртуального) у STEM-середовищі знімає психологічні бар'єри перед експериментом та помилкою, стимулюючи дивергентне мислення. Це є прямим підтвердженням формуючої ролі середовища.

Стресостійкість та професійна самостійність формуються через механізм навчання на невдачах (Trial-and-Error Learning), які є невід'ємною частиною інженерного циклу. Студенти вчать не уникати помилок, а аналізувати їх та знаходити конструктивні шляхи виправлення (див. табл. 4).

Ключова відмінність полягає в тому, що в ЕГ студенти мали високий ступінь автономії у виборі інструментів та методів роботи над проектом, а зворотний зв'язок був зосереджений на проблемі (що не працює), а не на оцінці (який ти поганий). Це значно підвищило їхню професійну самостійність. Вони навчилися відповідальності за кінцевий продукт та підвищили свою стресостійкість завдяки усвідомленню, що помилка в STEM-проекті – це не провал, а етап дослідження.

Таблиця 4

Показник стресостійкості та професійної самостійності

Якість	Рівень, КГ (фінальний)	Рівень, ЕГ (фінальний)	Різниця на користь ЕГ (%)
Стресостійкість (готовність до невдач у проєкті)	Середній (52%)	Високий (65%)	+13%
Професійна самостійність (здатність до самоорганізації та пошуку рішень)	Середній (45%)	Високий (71%)	+26%

Оскільки STEM-середовище є невід'ємним від цифрової трансформації, особливу увагу було приділено аналізу розвитку цифрової компетентності (ЦК), особливо в аспекті хмароорієнтованих інструментів та віртуального моделювання. Вимірювався рівень володіння інструментами, необхідними для проєктування та колаборації (табл. 5).

Таблиця 5

Показники сформованості ЦК у використанні STEM-інструментів

Навичка	КГ (здатність до ефективного використання, %)	ЕГ (здатність до ефективного використання, %)
Колаборація у хмарних документах (Google Docs, Office 365)	65%	95%
Віртуальне моделювання (PhET, Tinkercad, Autodesk Inventor)	30%	88%
Управління проєктами у хмарних планувальниках (Trello, Asana)	15%	75%
Індекс інтегрованої ЦК	36.7%	86.0%

Індекс інтегрованої ЦК в ЕГ більш ніж удвічі вищий, ніж у КГ. Це пояснюється тим, що в ЕГ використання цифрових інструментів було не допоміжним засобом, а ключовою необхідністю для виконання STEM-проєкту. Наприклад, спільне розроблення 3D-моделі (технології) і коду (інформатика) вимагало не просто знання програми, а майстерності колаборації в режимі реального часу, яку забезпечують хмарні сервіси. Таким чином, інтеграція ЦК в STEM-проєкт забезпечила її перехід на якісно вищий рівень.

Отримані результати переконливо доводять, що STEM-середовище виступає детермінантою формування професійно-особистісних якостей майбутніх вчителів фізико-технологічних дисциплін, а не просто сприятливим фактором. Детермінація відбулася за рахунок таких ключових механізмів:

1. Принцип проблемної інтеграції, де STEM-завдання за своєю суттю є міждисциплінарними і не мають відомого алгоритму рішення. Це змушує студента постійно інтегрувати знання, розвиваючи ЗМІ та проєктне мислення. Це кардинально відрізняється від традиційних лабораторних робіт, де процес та результат заздалегідь визначені.

2. Формування якостей через дію, де розвиток особистісних якостей (креативність, стресостійкість, самостійність) є побічним, але неминучим результатом інженерної діяльності. Нездатність робота виконати функцію або помилка в коді стає інструментом

педагогічного впливу, що формує навички рефлексії та стійкості до невдач.

3. Обов'язковість цифрової колаборації. В ЕГ цифрові інструменти не були опцією, а умовою виживання проєкту. Це забезпечило глибоке опанування інтегрованою цифровою компетентністю вчителя: від моделювання та візуалізації (фізика) до спільного управління проєктом (технології).

Експериментальні дані підтверджують, що правильно організоване STEM-середовище у поєднанні з хмарноорієнтованими технологіями, є системним чинником, що забезпечує не лише засвоєння предметних знань, а й комплексний розвиток професійно-особистісних якостей, які є необхідними для ефективної роботи вчителя в умовах сучасної цифрової школи. Це створює міцну основу для подальшого обґрунтування методичних рекомендацій щодо його впровадження у ЗВО.

Разом із тим, проведене дослідження не висчерпує всіх аспектів теми. Подальші наукові розвідки доцільно спрямовувати на проведення лонгітюдного дослідження з метою вивчення впливу STEM-підготовки, отриманої у ЗВО, на успішність професійної діяльності випускників – вчителів у реальних умовах загальноосвітніх шкіл.

Список використаних джерел:

1. Биков В.Ю. Цифрова трансформація суспільства і розвиток комп'ютерно орієнтованого освітнього середовища. *Вісник Національної академії педагогічних наук України*. 2019. Т. 1, № 1. С. 1–8.
2. Морзе Н.В., Гладун М.А., Дзюба С.М. Формування STEM-компетентностей у процесі виконання міждисциплінарних проєктів. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2018. Т. 66, № 4. С. 25–42.
3. Спірін О.М. Інформаційно-комунікаційні технології навчання як засіб формування професійної компетентності майбутнього вчителя. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота*. 2020. Вип. 1 (46). С. 182–186.
4. Гуржій А.М., Овчарук О.В. Цифрова компетентність педагога: стан та перспективи розвитку в умовах цифрової трансформації освіти. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2020. Т. 77, № 3. С. 1–13.
5. Триус Ю.В., Герасименко І.В. Хмарні технології як засіб розбудови інноваційного освітнього середовища у закладі вищої освіти. *Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання у підготовці фахівців*. 2018. Вип. 52. С. 34–41.
6. Пасічник О.Г. Особливості впровадження STEM-технологій у підготовку вчителів природничо-математичних дисциплін. *Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології*. 2021. № 5 (109). С. 215–224.
7. Капітан О.В. Використання сервісів Google Workspace для організації групової проєктної діяльності студентів. *Відкрите освітнє e-середовище сучасного університету*. 2022. № 12. С. 45–56.
8. Льошина О.В. Діагностика професійної самостійності майбутніх педагогів: методичний аспект. *Психолого-педагогічні проблеми сучасної школи*. 2019. Вип. 2. С. 88–95.
9. Bates, A.W. (Tony). (2019). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for designing teaching and learning* (2nd ed.). Vancouver, BC: Tony Bates Associates Ltd.

10. Weller, M. (2020). *25 Years of Ed Tech*. Athabasca University Press. DOI: <https://doi.org/10.15215/au-press/9781771993050.01>
11. Jenkins, H., Clinton, K., Purushotma, R., Robison, A.J., & Weigel, M. (2009). *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century*. MIT Press.
12. European Commission. (2020). *Digital Education Action Plan 2021-2027: Resetting education and training for the digital age*. Brussels: European Union.
13. UNESCO. (2022). *Moving forward together: Learning from the COVID-19 pandemic to build more resilient education systems*. Paris: UNESCO Publishing.
14. Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3 (11). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
15. Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association (NSTA).

Rostislav MOTSYK¹, Yuriy SMORZHEVSKY²,
Iryna HORDIENKO³

^{1,2}Kamianets-Podilskyi Ivan Ohienko National University,
Kamianets-Podilskyi

³Drohobych Ivan Franko State Pedagogical University

**STEM-ENVIRONMENT AS A DETERMINANT
OF PROFESSIONAL AND PERSONAL QUALITIES
FORMATION FOR FUTURE TEACHERS OF PHYSICAL
AND TECHNOLOGICAL DISCIPLINES
IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION**

Abstract. This article theoretically substantiates the role of the STEM-environment as a key determinant (defining factor) in the training of future teachers of physical and technological disciplines. It is analyzed that the integrated and project-oriented STEM approach is a modern response to the challenges of digital transformation in education, which requires teachers to form 21st-century competencies—critical thinking, creativity, interdisciplinary communication skills, and high digital literacy. It is shown that an organized STEM-environment (including cloud-oriented tools like Google Workspace, Microsoft 365, Canva for Education) contributes to the realization of active learning principles and personalization, transforming the student from an object into a subject of learning. It is determined that systematic engagement of students in engineering and research projects within this environment directly forms professional and personal qualities such as professional autonomy, innovativeness, flexibility, and stress resistance, which are critical for the "Teacher 4.0" concept. Pedagogical, organizational, and technical conditions necessary for the effective integration of the STEM-environment into the educational process of Higher Education Institutions (HEIs) are substantiated. It is concluded that the STEM-environment is a system-forming factor in the development of digital competence among educational process participants and ensures quality teacher training.

Key words: STEM-environment, digital transformation of education, professional and personal qualities, teachers of physical and technological disciplines, 21st-century competencies, project-based learning, digital competence.

References:

1. Bykov V.Yu. Tsyfrova transformatsiia suspilstva i rozvytok kompiuterno oriientovanoho osvitnoho seredovyshcha. *Visnyk Natsionalnoi akademii pedahohichnykh nauk Ukrainy*. 2019. T. 1, № 1. S. 1–8.
2. Morze N.V., Hladdun M.A., Dziuba S.M. Formuvannia STEM-kompetentnosti u protsesi vykonannia mizhdystsyplinarnykh proektiv. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia*. 2018. T. 66, № 4. S. 25–42.
3. Spirin O.M. Informatsiino-komunikatsiini tekhnologii navchannia yak zasib formuvannia profesiinoi kompetentnosti maibutnoho vchytelia. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Serii: Pedahohika. Sotsialna robota*. 2020. Vyp. 1 (46). S. 182–186.
4. Hurzhii A.M., Ovcharuk O.V. Tsyfrova kompetentnist pedahoha: stan ta perspektyvy rozvytku v umovakh tsyfrovoy transformatsii osvity. *Informatsiini tekhnologii i zasoby navchannia*. 2020. T. 77, № 3. S. 1–13.
5. Tryus Yu.V., Herasymenko I.V. Khmarni tekhnologii yak zasib rozbudovy innovatsiinoho osvitnoho seredovyshcha u zakladi vyshchoi osvity. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta innovatsiini metodyky navchannia u pidhotovtsi fakhivtsiv*. 2018. Vyp. 52. S. 34–41.
6. Pasichnyk O.H. Osoblyvosti vprovadzhennia STEM-tekhnologii u pidhotovku vchyteliv pryrodnycho-matematychnykh dystsyplin. *Pedahohichni nauky: teoriia, istoriia, innovatsiini tekhnologii*. 2021. № 5 (109). S. 215–224.
7. Kapitan O.V. Vykorystannia servisiv Google Workspace dlia orhanizatsii hrupovoi proiektnoi diialnosti studentiv. *Vidkryte osvitnie e-seredovyshche suchasnoho universtyetu*. 2022. № 12. S. 45–56.
8. Loshyna O.V. Diahnostyka profesiinoi samostiinosti maibutnikh pedahohiv: metodychnyi aspekt. *Psykholohopedahohichni problemy suchasnoi shkoly*. 2019. Vyp. 2. S. 88–95.
9. Bates, A.W. (Tony). (2019). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for designing teaching and learning* (2nd ed.). Vancouver, BC: Tony Bates Associates Ltd.
10. Weller, M. (2020). *25 Years of Ed Tech*. Athabasca University Press. DOI: <https://doi.org/10.15215/au-press/9781771993050.01>
11. Jenkins, H., Clinton, K., Purushotma, R., Robison, A.J., & Weigel, M. (2009). *Confronting the Challenges of Participatory Culture: Media Education for the 21st Century*. MIT Press.
12. European Commission. (2020). *Digital Education Action Plan 2021-2027: Resetting education and training for the digital age*. Brussels: European Union.
13. UNESCO. (2022). *Moving forward together: Learning from the COVID-19 pandemic to build more resilient education systems*. Paris: UNESCO Publishing.
14. Kelley, T.R., & Knowles, J.G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(11). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
15. Bybee, R.W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: National Science Teachers Association (NSTA) Press.

Отримано: 30.09.2025