

УДК 37.091.12-051:5]:005.963

DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.4.2024.11>

Олена Ліскович,

ORCID iD 0000-0001-9523-8131

кандидат педагогічних наук,
завідувач кафедри теорії й методики
природничо-математичної освіти
та інформаційних технологій
Миколаївський обласний інститут
післядипломної педагогічної освіти
вул. Адміральська, 4-а, 54001, м. Миколаїв, Україна
e-mail olena.liskovych@toippro.mk.ua.

ВИКОРИСТАННЯ STEM-ПІДХОДУ У ПІДВИЩЕННІ КВАЛІФІКАЦІЇ ВЧИТЕЛІВ ПРЕДМЕТІВ ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНОГО ЦИКЛУ ТА ТЕХНОЛОГІЙ

У статті розкрито можливості використання STEM-підходу в освітньому процесі закладу післядипломної педагогічної освіти

Проаналізовано стан дослідження проблеми та доведено, що STEM є ефективним інструментом професійного вдосконалення вчителів предметів природничого циклу та технологій, оскільки забезпечує практичну спрямованість освітнього процесу, набуття досвіду проектної діяльності, інтеграцію з іншими навчальними предметами.

Визначено критерії відбору сучасного практико-орієнтованого змісту навчальних занять, що здійснюється на засадах STEM і відповідає принципам міждисциплінарного та трансдисциплінарного підходів та форм організації навчання, які мають забезпечити активність слухачів, залучення їх до дослідницької, конструкторсько-проектувальної діяльності.

Запропоновано приклади завдань до занять з учителями математики та технологій, що відповідають визначеним критеріям.

Ключові слова: *підвищення кваліфікації вчителів; післядипломна освіта; практико-орієнтоване завдання; професійна компетентність учителів предметів природничо-математичного циклу та технологій; STEM-підхід.*

© Ліскович О. В., 2024

Вступ. У сучасній школі все більшої популярності набуває STEM-освіта – напрям, що охоплює природничі науки, технології, технічну творчість та математику й забезпечує всебічний розвиток учнівської молоді, закладає широкі перспективи для самореалізації майбутнього покоління.

STEM-освіта є надзвичайно актуальною для України, оскільки зміна економічної моделі країни, необхідність післявоєнної відбудови передбачає наявність кваліфікованого технічного персоналу, однак

упровадження такого ефективного підходу потребує відповідного матеріально-технічного забезпечення та професійних якостей учителя.

Удосконалення підготовки педагогічних працівників, їхній професійний рух визначено як один з основних підходів до забезпечення розвитку наукоємних та високотехнологічних галузей. Цей напрям передбачає заохочення дітей та молоді до проведення досліджень, оволодіння STEM-професіями, що зумовлює необхід-

ність осмислення потенціалу означеної технології для розвитку не лише здобувачів освіти, а також їхніх наставників (Прохвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти), 2020).

Постановка проблеми. У наукових публікаціях, що висвітлюють питання STEM-освіти, здебільшого представлено методичку її впровадження в навчання різних предметів. Відомі фахівці, які розвивають цей напрям в Україні з 2015 року, зокрема І. П. Василяшко, Н. О. Гончарова, Н. І. Гущина, О. В. Коршунова, у своїх публікаціях акцентують на підготовці вчителя до використання STEM, проводять активну роботу щодо популяризації досвіду педагогів-практиків. У роботах Н. Р. Балик, О. В. Барни, Г. П. Шмигер, М. М. Сидорович (Balyk N. et al., 2019, 109–123) запропоновано використання STEM для підготовки майбутніх педагогів. Модель професійної компетентності вчителя предметів природничого циклу на засадах STEM-освіти розробила Л. О. Клименко. Усе вищевикладене дає підстави стверджувати, що питання застосування цієї технології в післядипломній освіті є **актуальним**.

Фахівці закладів післядипломної педагогічної освіти зважають на зміни, що відбуваються нині, осучаснюють форми підвищення кваліфікації, підходи до організації та проведення навчальних занять тощо. У Законі України «Про освіту» післядипломна освіта визначена як така, що передбачає набуття нових та вдосконалення раніше набутих компетентностей на основі здобутої вищої, професійної (професійно-технічної) або фахової передвищої освіти та практичного досвіду. У контексті дослідження розглядатимемо такий складник післядипломної освіти, як підвищення кваліфікації. Законом передбачено види підвищення кваліфікації, а також можливість для освітян у виборі форм і видів підвищення кваліфікації з урахуванням власних потреб (Закон України «Про освіту», 2017). Усе це створює умови для конкуренції між закладами, які надають такі послуги, спо-

нукають до пошуку нових ефективних форм організації роботи слухачів, урахування їхніх професійних запитів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У контексті означеної проблеми виникає необхідність проаналізувати наукові публікації, що висвітлюють питання підвищення кваліфікації вчителів на засадах STEM.

Дослідники В. Я. Гайда та В. Є. Кавецький розкрили особливості підвищення кваліфікації вчителів природничої освітньої галузі в контексті розвитку STEM-освіти. Нагальна потреба в удосконаленні не тільки змісту освіти, але й системи організаційних форм і методів підвищення кваліфікації, запровадження інноваційних педагогічних технологій у післядипломну освіту, на думку авторів, має бути реалізована через упровадження компетентнісного підходу та формування індивідуальної освітньої траєкторії професійного розвитку педагогів за рахунок можливості вибору та поєднання різних програм підвищення кваліфікації (Гайда В. Я., Кавецький В. Є., 2023). У контексті компетентнісного підходу в підготовці вчителів основою для вибору змісту і форм є перелік компетентностей, визначений Професійним стандартом.

У дослідженні Н. В. Сороко представлено STEAM-орієнтоване освітнє середовище для розвитку компетентності вчителя з цифрової грамотності, що передбачає постійне підвищення кваліфікації та співпрацю з метою активного і творчого використання ІКТ (Сороко Н. В., 2018). Для функціонування такого середовища необхідні засоби, що забезпечують комунікацію та синергію між суб'єктами освітнього процесу; матеріально-технічне оснащення тощо. У Миколаївському ОППО створено освітнє середовище для підвищення кваліфікації вчителів природничих дисциплін, ведеться робота з оснащення Технологічного ресурсного центру для вчителів технологій і забезпечення практичної спрямованості навчальних занять з учителями математики, однак дистанційна форма

навчання унеможлиблює ефективне використання ресурсів середовища і зумовлює необхідність пошуку можливостей реалізації навчальних завдань із використанням цифрових ресурсів або простих підручних матеріалів.

У рамках наукового дослідження кафедри теорії й методики природничо-математичної освіти та інформаційних технологій із теми «Синергія можливостей STEM-освіти в підвищенні фахової компетентності вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій» передбачено розроблення тематики навчальних занять, спрямованих на підвищення фахової компетентності вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій через синергію можливостей STEM-освіти; підготовку методичних матеріалів та їх упровадження в освітній процес курсів підвищення кваліфікації.

Метою статті є дослідження можливостей використання STEM-підходу в освітньому процесі закладу післядипломної педагогічної освіти.

Досягнення мети передбачає виконання таких **завдань**:

- 1) аналіз стану вивчення проблеми використання STEM-підходу в підвищенні кваліфікації педагогічних працівників;
- 2) визначення критеріїв відбору тематики та форм проведення занять зі слухачами курсів підвищення кваліфікації на засадах STEM;
- 3) розроблення практико-орієнтованих завдань до занять з учителями предметів природничо-математичного циклу та технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Предметом наукових розвідок стали роботи, які висвітлюють використання STEM-підходу в підвищенні кваліфікації вчителів предметів природничо-математичного циклу та технологій (2017–2023 роки).

Упровадження нових напрямів в освіті можливо за умови модернізації ба-

гатьох складників освітньої системи, але розпочинати потрібно з підготовки вчителів. У дослідженні Н. Р. Балик, Г. П. Шмигер, Я. П. Василенка, В. П. Олексюка, Г. М. Скаськів представлена система роботи університету з підтримки STEM-педагогів: створення програм (короткострокових і довгострокових) навчання та перепідготовки фахівців; розроблення методичних матеріалів для працівників закладів освіти з упровадження інноваційних технологій навчання, кейс-технологій, технології розвитку критичного мислення, інтерактивних методів; узяття до уваги педагогічних умов для набуття досвіду проєктної діяльності; стажування та обмін досвідом, залучення педагогів, що практикують STEM-освіту (Balyk N. R., Shmyher H. P., Vasylenko Ya. P., Oleksiuk V. P. & Skaskiv H. M., 2019). Така системна робота є ефективною, бо кожен її компонент взаємопов'язаний. Учителі-предметники зазначають, що для успішної реалізації нових підходів вони потребують методичної підтримки, але розроблені матеріали не забезпечать досягнення результату, якщо вчитель не готовий до їх упровадження.

Підготовка майбутніх учителів у STEM-орієнтованому навчальному середовищі висвітлена в роботах І. В. Сальник, С. П. Величка, Е. П. Сірика, Н. В. Сороко (Сальник І. В., Величко С. П., Сірик Е. П., 2019; Сороко Н. В., 2020). Ми погоджуємося, що саме STEM є провідною сучасною технологією, що впливає на розвиток професійного мислення вчителя, здатності до інноваційної та проєктної діяльності в сучасному навчальному середовищі, яке динамічно змінюється і потребує постійного оновлення фахової підготовки.

Досвід розвитку STEM-компетентностей педагогів у системі післядипломної педагогічної освіти представлений у роботі І. М. Вітенка, О. Р. Олексюк, Л. А. Кучер. Зважаючи на те, що для успішного упровадження інтегрованої STEM-освіти ключовим елементом є компетентність учителів, науковці здійснили моніторинг потреб педагогів і розробили та запровадили систе-

му курсів із підвищення їхніх STEM-компетентностей. Особливістю запропонованих курсів є практичний зміст STEM-орієнтованих завдань (робототехніка, 3D-моделювання та друк, проєктування) (Вітенко І. М., Олексюк О. Р., Кучер Л. А., 2022). Опитування вчителів після проходження курсів засвідчує, що саме практико-орієнтовані заняття були для них найбільш корисними.

У попередніх публікаціях зазначено, що для вчителів фізики та астрономії STEM є ефективним інструментом осучаснення навичок використання навчального обладнання, організації астрономічних спостережень, застосування цифрових ресурсів для виконання практичної частини програми (Ліскович О. В., 2023). Оскільки метою розвідки є дослідження можливостей STEM у підвищенні кваліфікації педагогічних працівників, які викладають предмети природничо-математичного циклу та технологій, то описаний у статті підхід до розроблення програми курсів застосований і до зазначених категорій.

Демонструючи ключову роль математики як релевантного складника STEM-освіти в синергії з іншими навчальними предметами, дослідниці Г. С. Погромська, Н. А. Махровська та Е. К. Рогожинська наголошують на інтеграції предметного змісту з провідною роллю математики та проєктному підході (Погромська Г. С., Махровська Н. А., Рогожинська Е. К., 2022). Репрезентований досвід учителів у рамках регіонального проєкту «Впровадження STEM-освіти в освітній процес із математики», усвідомлення міждисциплінарного характеру STEM-освіти дає підстави для визначення змісту і форм організації навчальної діяльності слухачів на курсах підвищення кваліфікації різних категорій.

Аналіз досліджень, що висвітлюють питання використання STEM-підходу в підвищенні кваліфікації педагогічних працівників, є основою для визначення критеріїв відбору тематики та форм проведення занять зі слухачами курсів підвищення кваліфікації на засадах STEM. Розглядаючи

умови професійного розвитку майбутніх педагогів чи вчителів-практиків, учені одностайні щодо необхідності забезпечення практико-орієнтованого підходу (Сальник І. В., Величко С. П., Сірик Е. П., 2019; Вітенко І. М., Олексюк О. Р., Кучер Л. А., 2022;), набуття досвіду проєктної діяльності педагогів (Balyk N. et al., 2019), інтеграції та використанні математики в синергії з іншими навчальними предметами (Погромська Г. С., Махровська Н. А., Рогожинська Е. К., 2022).

Усе вищевикладене дає підстави стверджувати, що тематика навчальних занять для педагогів має відповідати принципам міждисциплінарного та трансдисциплінарного підходу, тому для її розроблення необхідно визначити спільні питання у змісті предметів природничо-математичного циклу й технологій (трудового навчання), що здійснили науково-педагогічні й педагогічні працівники кафедри теорії й методики природничо-математичної освіти та інформаційних технологій на організаційно-констатувальному етапі наукового дослідження «Синергія можливостей STEM-освіти в підвищенні фахової компетентності вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій». Матеріали згруповані за розділами: «Методи наукового пізнання», «Механічні явища», «Будова речовини», «Теплові явища», «Електричні явища», «Магнітні явища», «Оптичні явища», «Будова атома», «Екологія. Вплив людини на середовище життя», що дало можливість максимально представити зміст усіх предметів. Окремі напрями відображали інтегративну роль математики як мови науки: «Відсотки», «Дроби (десяткові, звичайні)», «Рівняння», «Стереометрія», «Функції». На їхній основі розроблено тематику навчальних занять, спрямованих на підвищення фахової компетентності вчителів природничо-математичних дисциплін і технологій через синергію можливостей STEM-освіти.

Зокрема вчителям математики запропоновано такі теми:

- Синергетичний підхід до проєк-

тної діяльності на уроках математики.

- Тригонометрія в курсі фізики й астрономії як складник задач практичного змісту в курсі математики.
- Задачі з фізичним змістом на уроках математики як елемент синергії предметів.
- Сучасні методи поєднання математики й інформатики.
- Використання елементів STEAM-освіти на уроках математики.
- Прикладне значення геометрії в курсі фізики.
- Застосування прогресій у природничих науках як складова частина задач практичного змісту в курсі математики.
- Використання задач на закони геометричної оптики в освітньому процесі з математики.
- Залучення учнів до конструювання на уроках математики.

Для вчителів-природничків:

- Математичні методи розв'язування хімічних задач: рівняння, пропорції і проценти, стандартний вигляд числа тощо.
- Застосування функцій до виконання фізичних завдань.
- Моделювання фізичних явищ і процесів як засіб пізнання природи.
- Використання інтернет-ресурсів для навчального експерименту з курсу фізики середньої школи.
- Цифрові інноваційні технології як засіб представлення результатів дослідження в природничо-математичних дисциплінах.
- Метод моделювання як науковий процес пізнання в природничо-математичних науках.
- Дослідження фізичних процесів у організмі людини засобами фізики.
- Організація проєктної діяльності

з фізики, астрономії та технологій на засадах STEM.

- Методика використання сучасних цифрових технологій і пристроїв для спостереження за довкіллям, явищами і процесами живої природи.

Для вчителів технологій (трудового навчання):

- Проєктування і конструювання моделей фізичного (інформаційного) продукту на уроках технологій: технології та засоби.
- Інноваційна підготовка здобувачів освіти в курсі трудового навчання та технологій засобами STEAM-проєктування.
- Дослідження теплових властивостей речовин і матеріалів на уроках технологій.
- Фізичні явища та процеси в технології приготування їжі.
- Дослідження складу харчових продуктів.

У контексті відбору форм проведення занять критеріями є: практична спрямованість та забезпечення активності слухачів, що підтверджує доцільність використання практико-орієнтованих завдань, залучення слухачів до виконання проєктів, конструювання тощо.

Наведемо приклади фрагментів занять. Учителям математики запропоновано виготовити мозаїку Пенроуза.

Сер Роджер Пенроуз – знаний англійський науковець, який активно працює в різноманітних галузях математики, загальної теорії відносності та квантової теорії; відомий також своїми науково-популярними книгами з космології та теорії штучного інтелекту. Пенроуз отримав кілька премій і нагород, зокрема премію Вольфа з фізики у 1988 році, яку він розділив зі Стівеном Гокінгом за теорему сингулярності Пенроуза–Гокінга, і Нобелівську премію з фізики 2020 року.

Мозаїка Пенроуза – візерунок, зібраний із многокутних плиток двох певних форм. Ними можна замостити нескінченну

площину без пробілів (https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Penrose; <https://kpi.ua/2020-kr38-1>).

Завдання для слухачів:

1. Виготовити шаблон мозаїки (рис. 1).
2. Роздрукувати 20–30 елементів.

3. Вирізати елементи і замостити ними площину.

Запропонувати ідею для навчального проєкту з математики, визначивши галузі (предмети), із якими можлива інтеграція.

Приклад виконаного завдання на рис. 2.

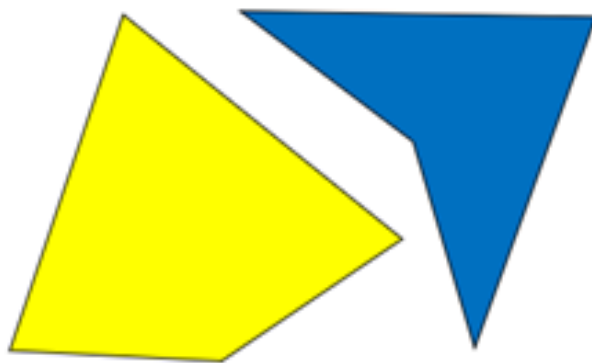
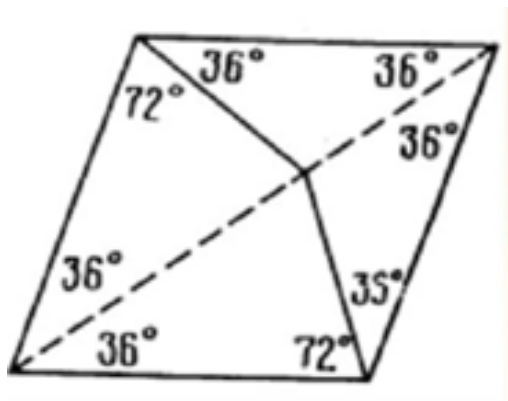


Рис. 1. Шаблон для виготовлення мозаїки Пенроуза і готові елементи



Рис. 2. Мозаїка Пенроуза (автор Олена Сімаченко, учитель математики, група № 61–2023)

Учителям трудового навчання запропоновано практичне завдання «Моя пропозиція до проєкту з виготовлення фізичного обладнання».

1. Розгляньте світлини промислового приладу для демонстрації явища відбиван-

ня світла.

2. Продумайте конструкцію саморобного приладу.

3. Виконайте технічний рисунок.

Приклад виконаного завдання на рис. 3.

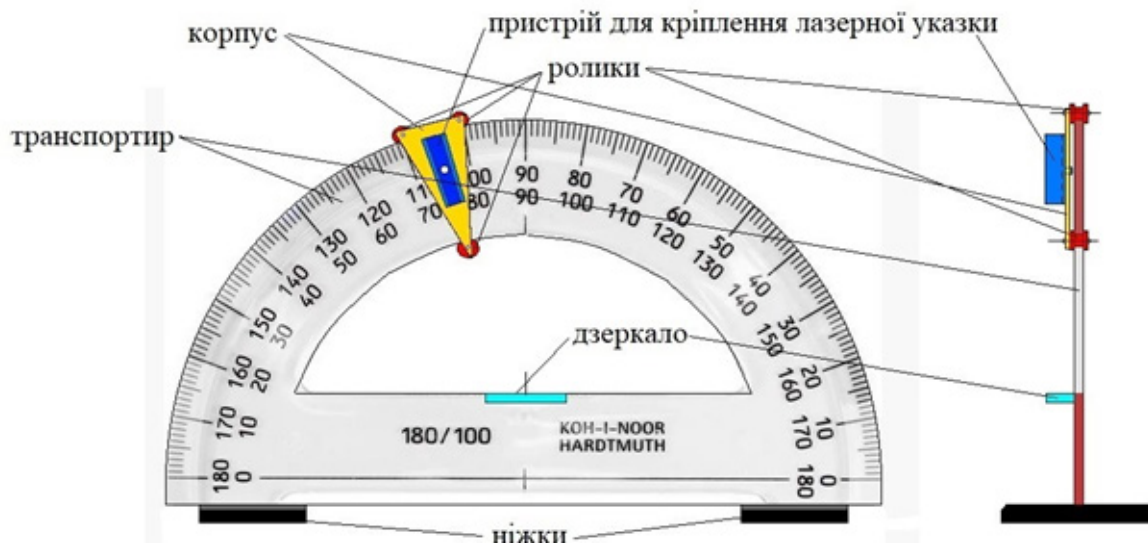


Рис. 3. Схема саморобного приладу для демонстрації явища відбивання світла. Автор – Олександр Дячук, учитель технологій (трудового навчання), група 207–2022.

Описані завдання доречно запропонувати вчителям фізики, інформатики, мистецтва, що свідчить про їх міжпредметний зміст та відповідність означеним вище критеріям.

Висновки. Ефективність STEM-освіти в забезпеченні всебічного розвитку учнівської молоді, формуванні критичного і технічного мислення доведена світовою практикою, саме тому означені підходи є ефективними в підвищенні кваліфікації самих педагогів, оскільки забезпечують практичну спрямованість, набуття досвіду проєктної діяльності, інтеграцію з іншими навчальними предметами,

Відбір сучасного практико-орієнтованого змісту підвищення кваліфікації вчителів предметів природничо-математич-

ного циклу та технологій здійснюється на засадах STEM. Тематика запропонованих занять розроблена на основі питань, які є спільними для всіх предметів, що відповідає принципам міждисциплінарного та трансдисциплінарного підходів.

Основною вимогою до форм організації навчання є забезпечення активності слухачів, залучення їх до дослідницької, конструкторсько-проєктувальної діяльності, що сприятиме вдосконаленню практичних навичок педагогів, орієнтації їх на систематичне використання активних форм навчання на практиці.

Перспективи досліджень полягають у розробленні та систематизації матеріалів до занять, їх апробації під час навчання різних категорій педагогічних працівників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вітенко І. М. Реалізація концепції STEM-освіти в системі підвищення кваліфікації педагогічних працівників / І. М. Вітенко, О. Р. Олексюк, Л. А. Кучер // Наукові записки Малої академії наук України. – 2022. – № 3 (25). – С. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-25-05>.
2. Гайда В. Я. Особливості підвищення кваліфікації вчителів природничої галузі в контексті розвитку STEM-освіти / В. Я. Гайда, В. Є. Кавецький // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2023. – Вип. 210. – С. 83–89. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-210-83-89>
3. Закон України «Про освіту» [Електронний ресурс] // Законодавство України. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>.

4. Ліскович О. В. Використання можливостей STEM-освіти у процесі підвищення кваліфікації вчителів фізики та астрономії // О. В. Ліскович / Вересень. – 2023. – № 2 (97). – С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.2.2023.04>.
5. Незвичайні мозаїки Р. Пенроуза. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kpi.ua/2020-kr38-1> (дата звернення – 10.10.24).
6. Погромська Г. С. Релевантність математичної освіти в синергії складників STEM / Г. С. Погромська, Н. А. Махровська, Е. К. Рогожинська // Вересень. – 2022 – № 3 (94) – С. 17–28. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2022.03>.
7. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : [Електронний ресурс] // Розпорядження Кабінету Міністрів України № 960-р від 05.08.2020 р. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npras/pro-shvalennya-konceptsiyi-rozvitku-a960r>.
8. Сальник І. В. Формування професійної картини світу вчителя фізики в STEM орієнтованому навчальному середовищі / І. В. Сальник, С. П. Величко, Е. П. Сірик // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка. Серія : Педагогічна. – К.-Под., 2019. – Вип. 25. – С. 39–41. DOI: <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2019-25.38-41>.
9. Сороко Н. В. Педагогічні моделі STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя основної школи / Н. В. Сороко // Фізико-математична освіта. – 2020. – Випуск 2 (24). – С. 142–150.
10. Сороко Н. В. Проблема створення STEAM-орієнтованого освітнього середовища для розвитку інформаційно-цифрової компетентності вчителя основної школи / Н. В. Сороко // Наукові записки. Серія : Педагогічні науки. – 2018. – Вип. 173(2). – С. 187–195. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_p_2018_173\(2\)_45](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_p_2018_173(2)_45).
11. Roger_Penrose [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Penrose (дата звернення – 10.10.24).
12. Stem-approach to the transformation of pedagogical education / Balyk, N. R., Shmyher, H. P., Vasylenko, Ya. P., Oleksiuk, V. P. & Skaskiv, H. M. E-learning and STEM Education. – 2019. – № 11. – Pp. 109–123. URL: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/Nieprzypisane/el-2019-11-08-STEM-APPROACH.pdf>.

**THE USE OF THE STEM APPROACH IN ENHANCING THE QUALIFICATIONS
OF TEACHERS IN THE NATURAL SCIENCES, MATHEMATICS,
AND TECHNOLOGY SUBJECTS**

Liskovych Olena,

*Candidate of Pedagogical Sciences,
Head of the Department of Theory and Methods
of Natural-Mathematical Education and Information Technology
Mykolaiv In-Service Teachers Training Institute
4-a, Admiralska Street, 54001, Mykolaiv, Ukraine
olena.liskovych@moippo.mk.ua.*

The article explores the possibilities of using the STEM approach in the educational process of postgraduate pedagogical education institutions, aligned with the scientific research theme of the department, titled «Synergy of the STEM Education Opportunities in Enhancing the Professional Competence of Teachers of Natural Science, Mathematics, and Technology».

The current state of research on the use of STEM in teacher professional development is analyzed. It has been proven that the STEM approach is an effective tool for a teacher's professional improvement, as it ensures a practical focus in the professional development

process, experience in project-based activities, and integration with other subjects and educational fields.

The criteria for selecting modern, practice-oriented content for professional development courses based on the STEM principles have been identified. These topics should align with the principles of interdisciplinary and transdisciplinary approaches, addressing issues common to various subjects. A list of topics for courses for teachers of natural sciences, mathematics, and technology, which meet the developed criteria, is proposed.

The requirements for organizing the learning process are discussed, ensuring active participation of attendees, engaging them in research and design-project activities, while considering the teachers' level of preparation and needs.

The examples of practice-oriented tasks for sessions with mathematics and technology subjects teachers that meet the established criteria are provided. The assignments for mathematics teachers involve the integration of the mathematics and arts fields, while the ones for technology subjects educators combine the technological, mathematical, and natural sciences fields. The use of such tasks will contribute to improving teachers' practical skills and encourage the systematic use of active learning methods in practice.

Keywords: *postgraduate education; practice-oriented tasks; professional competence of natural sciences, mathematics and technology teachers; STEM approach; teacher professional development.*

REFERENCES

1. Balyk, N. R., Shmyher, H. P., Vasylenko, Ya. P., Oleksiuk V. P. & Skaskiv H. M. (2019). Stem-approach to the transformation of pedagogical education. *E-learning and STEM Education*, 11, 109–123. Retrieved from: <https://us.edu.pl/wydzial/wsne/wp-content/uploads/sites/20/Nieprzypisane/el-2019-11-08-STEM-APPROACH.pdf> (eng).

2. Haida, V. Ya. & Kavetskyi, V. Ye. (2023). Osoblyvosti pidvyshchennia kvalifikatsii vchyteliv pryrodnychoi haluzi v konteksti rozvytku STEM-osvity [Peculiarities of Professional Development for Natural Sciences Teachers in the Context of STEM Education Development]. *Naukovi zapysky. Serii: Pedahohichni nauky*, 210, 83–89. DOI: <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-210-83-89> (ukr).

3. Law of Ukraine «On Education». *Zakonodavstvo Ukrainy*. Retrieved from: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (ukr).

4. Liskovych, O. V. (2023). Vykorystannia mozhlyvostei STEM-osvity u protsesi pidvyshchennia kvalifikatsii vchyteliv fizyky ta astronomii [Utilizing the Opportunities of STEM Education in the Professional Development of Physics and Astronomy Teachers]. *Veresen*, 2 (97), 40–49. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.2.2023.04> (ukr).

5. Nezvychaini mozaiky R. Penrouza [Unusual mosaics]. Retrieved from: <https://kpi.ua/2020-kp38-1> (ukr).

6. Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 05, 2020 № 960-p «On the approval of the Concept of the development of science and mathematics education (STEM education) The concept of development of science and mathematics education (STEM education)». Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-shvalennya-koncepciyi-rozvitku-a960r> (ukr).

7. Pohromska, H. S., Makhrovska, N. A., & Rohozhynska, E. K. (2022). Relevantnist matematychnoi osvity v synerhii skladnykiv STEM [Relevance of Mathematics Education in the Synergy of Components]. *Veresen*, 3 (94), 17–28. DOI: <https://doi.org/10.54662/veresen.3.2022.03> (ukr).

8. Roger_Penrose. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Roger_Penrose (eng).

9. Salnyk, I. V., Velychko, S. P. & Siryk, E. P. (2019). Formuvannia profesiinoi kartyny svitu vchytelia fizyky v STEM oriietovanomu navchalnomu seredovyshchi [Formation of the professional picture of the world of a physics teacher in a STEM-oriented educational environment]. *Zbirnyk naukovykh prats Kamianets-Podilskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Ohiiienka. Serii: Pedagogichna*. Vyp. 25, 39–41. DOI: <https://doi.org/10.32626/2307-4507.2019-25.38-41> (ukr).

10. Soroko, N. V. (2020). Pedagogichni modeli STEAM-oriietovanoho osvitnoho seredovyshcha dlia rozvytku informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti vchytelia osnovnoi shkoly [Pedagogical models of a STEAM-oriented educational environment for the development of information and digital competence of primary school teachers]. *Fizyko-matematychna osvita*. Vyp. 2 (24), 142–150 (ukr).

11. Soroko, N. V. (2018). Problema stvorennia STEAM-oriietovanoho osvitnoho seredovyshcha dlia rozvytku informatsiino-tsyfrovoi kompetentnosti vchytelia osnovnoi shkoly [The problem of creating a STEAM-oriented educational environment for the development of informational and digital competence of primary school teachers]. *Naukovi zapysky. Serii: Pedagogichni nauky*. Vyp. 173 (2), 187–195. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_p_2018_173\(2\)_45](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nz_p_2018_173(2)_45) (ukr).

12. Vitenko, I. M., Oleksiuk, O. R. & Kucher L. A. (2022). Realizatsiia kontseptsii STEM-osvity v systemi pidvyshchennia kvalifikatsii pedagogichnykh pratsivnykiv [Implementation of the STEM Education Concept in the System of Teacher Professional Development]. *Naukovi zapysky Maloi akademii nauk Ukrainy*, 3 (25), 39–47. DOI: <https://doi.org/10.51707/2618-0529-2022-25-05> (ukr).

Стаття надійшла до редакції: 06.11.2024

Прийнята до друку: 27.11.2024