

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка**

Хіміко-біологічний факультет
Кафедра ботаніки та зоології

Кваліфікаційна робота

**ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК УЧНІВ НА
УРОКАХ БІОЛОГІЇ ЗАСОБАМИ STEM-ОСВІТИ**

**Спеціальність 014.05 Середня освіта
Предметна спеціальність: 014.05 Середня освіта
(Біологія та здоров'я людини)**

Здобувач другого (магістерського
рівня) вищої освіти, ОПП «Середня
освіта Біологія та здоров'я людини,
хімія»

Кулина Лідія Вікторівна

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

кандидат педагогічних наук, доцент

Москалюк Наталія Володимирівна

РЕЦЕНЗЕНТ:

кандидат педагогічних наук, доцент

Винничук Олег Теофілович
Тернопільський національний
педагогічний університет
імені В. Гнатюка

Робота захищена з оцінкою:

Національна шкала _____

Кількість балів: ____ Оцінка: ECTS ____

Тернопіль – 2025

Анотація

Кулина Л.В. Формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти/ Кулина Лідія Вікторівна; ТНПУ ім. Володимира Гнатюка, хіміко-біологічний факультет, кафедра ботаніки та зоології; наук. керівник Москалюк Н.В. – Тернопіль, 2025. 94 с.

Кваліфікаційна робота висвітлює аспекти модернізації традиційної шкільної біологічної освіти шляхом інтеграції STEM-підходу (Science, Technology, Engineering, Mathematics). STEM визнаний світовим трендом, що готує учнів до викликів ХХІ століття та професій майбутнього, вимагаючи міждисциплінарного мислення, критичного аналізу та навичок розв'язання реальних проблем. Дослідження фокусується на впровадженні цього підходу, особливо в контексті дистанційного навчання та онлайн-моделювання.

Новизна дослідження полягає у запропонованій та доведеній ефективності методики оцінки мотивації учнів до набуття знань на уроках біології з використанням та без використання STEM-моделювання. Удосконаленні методики оцінки рівня засвоєння знань учнями з теми за допомогою STEM. Практичне значення роботи полягає в наданні вчителям біології та екології цінного інструменту для ефективного впровадження STEM-технологій у навчальний процес, сприяючи формуванню наукових концепцій та підвищенню мотивації учнів.

Ключові слова: STEM-освіта, біологія, мотивація, формування понять, STEM-моделювання, дистанційне навчання.

ABSTRACT

Kulyna L.V. Formation of practical skills of students in biology lessons by means of STEM education / Kulyna Lidia Viktorivna; Volodymyr Hnatyuk National University of Physical Education, Faculty of Chemistry and Biology, Department of Botany and Zoology; scientific supervisor Moskalyuk N.V. – Ternopil, 2025. 94 p.

The relevance of the work is due to the need to modernize traditional school biology education by integrating the STEM approach (Science, Technology, Engineering, Mathematics). STEM is recognized as a global trend that prepares students for the challenges of the 21st century and the professions of the future, requiring interdisciplinary thinking, critical analysis, and real-world problem-solving skills. The study focuses on the implementation of this approach, especially in the context of distance learning and online modeling.

The novelty of the study lies in the proposed and proven effectiveness of the methodology for assessing students' motivation to acquire knowledge in biology lessons with and without the use of STEM modeling. The practical significance of the work lies in providing biology and ecology teachers with a valuable tool for the effective implementation of STEM technologies in the educational process, contributing to the formation of scientific concepts and increasing student motivation.

Key words: STEM education, biology, motivation, concept formation, STEM modeling, distance learning.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК УЧНІВ У КОНТЕКСТІ STEM- ОСВІТИ	8
1.1. STEM-освіта як сучасний методологічний підхід: сутність, принципи та структура	8
1.2. Аналіз існуючого вітчизняного та зарубіжного досвіду впровадження STEM у викладання біології	12
1.3. Психолого-педагогічні засади формування практичних навичок у процесі навчання біології	18
1.4. Аналіз педагогічного досвіду та результати анкетування педагогічних працівників щодо впровадження STEM в освітній процес	22
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ЗАСОБАМИ STEM	32
2.2. Класифікація цифрових STEM-ресурсів та їхня дидактична роль у формуванні практичних навичок учнів на уроках біології	32
2.3. Організація навчально-дослідницької діяльності учнів засобами STEM-проектування на уроках біології	34
2.3. Теоретичне обґрунтування та розробка авторської методики формування практичних навичок засобами STEM-проектування	45
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ	54
3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту	54
3.2. Кількісний та якісний аналіз результатів формувального експерименту	60
3.3. Розробка практичних рекомендацій для вчителів щодо інтеграції STEM у викладання біології	66
ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ	80

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасний світ характеризується стрімким розвитком технологій, що змінюють наше оточення та спосіб життя. Серед цих технологій особливе місце займає STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) – інтегрований підхід до вивчення наукового природничого та технічного напрямку. Цей підхід включає в себе використання сучасних інформаційних та комунікаційних технологій, інженерних розробок та математичного моделювання для вирішення реальних завдань і проблем. Однак, незважаючи на зростаючу актуальність STEM-освіти, сучасна шкільна програма в розділі біології часто залишається традиційною та менш інтерактивною [31]. Синергія між біологією та STEM-технологіями може створити найбільш відкрите і стимулююче навчальне середовище для учнів, сприяючи їх кращому розумінню біологічних процесів та заохочуючи їх до активної участі у власному навчанні.

Стрімкий розвиток технологій диктує нові правила, українська освіта мусить кардинально змінити підходи до викладання природничо-математичних дисциплін. У цьому контексті STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) набуває стратегічного значення як інтегрований підхід, спрямований на розвиток інженерного мислення, креативності та практичних навичок учнів, необхідних для вирішення реальних проблем.

Викладання біології, як однієї з фундаментальних природничих наук, має перейти від репродуктивного засвоєння теорії до активного дослідницького моделювання та проєктної діяльності. Наявний розрив між теоретичною підготовкою школярів та їхньою здатністю застосовувати знання у практичному контексті, зокрема в біології (екологічний моніторинг, біотехнології, медицина), формує актуальну проблему сучасної педагогіки. Застосування STEM-засобів, таких як 3D-моделювання, кодування, робототехніка та цифрові симуляції, дозволяє подолати цей розрив, перетворивши урок на інтерактивну дослідницьку лабораторію.

Необхідність формування практичних навичок учнів засобами STEM-освіти закріплена на державному рівні та відповідає ключовим реформаторським документам України: Закон України «Про освіту» [28] (визначає компетентнісний підхід як ключовий, наголошуючи на необхідності формування здатності застосовувати знання у практичних ситуаціях), Концепція «Нова українська школа» (НУШ) (навчальні програми НУШ орієнтовані на міжпредметну інтеграцію та проєктну діяльність, що є ядром STEM) [31], Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти)» [39].

Теоретичні засади дослідження ґрунтуються на працях українських (Н. Морзе, О. Патрикеева, Т. Журавель) [43; 49; 50] та зарубіжних науковців (G. Yaktan, B. Means) [78-80], які досліджували інтеграцію навчальних дисциплін, розвиток інженерного мислення та формування творчого потенціалу здобувачів освіти.

Саме тому актуальність і важливість даної проблеми зумовили вибір теми дослідження: ***«Формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти».***

Об'єкт дослідження – процес впливу STEM-освіти на ступінь мотивації учнів для набуття знань та практичних умінь з біології під час виконання практичних завдань.

Предмет дослідження – методика використання STEM на мотивацію та результативність процесу формування практичних навичок під час вивчення біології.

Мета роботи – теоретично обґрунтувати, розробити і експериментально перевірити ефективність структурно-функціональної моделі формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти.

Для досягнення поставленої мети ми ставимо перед собою наступні **завдання:**

➤ проаналізувати стан проблеми формування практичних навичок учнів на уроках біології у психолого-педагогічній літературі та визначити суть,

структуру та критерії практичних навичок у контексті STEM-освіти;

➤ визначити педагогічні умови та теоретично обґрунтувати найбільш ефективні форми і методи використання цифрових STEM-ресурсів для формування практичних навичок учнів;

➤ розробити та експериментально перевірити методику впровадження STEM-засобів на уроках біології, спрямовану на підвищення рівня сформованості практичних навичок;

➤ оцінити ефективність розробленої методики та сформулювати практичні рекомендації для вчителів щодо інтеграції STEM-освіти у навчальний процес з біології.

Для досягнення поставленої мети та розв'язання завдань дослідження нами було використано такі **методи дослідження**:

- *теоретичні* – аналіз державних документів про освіту, філософської, психолого-педагогічної, методичної літератури; узагальнення та систематизація теоретичних положень у педагогіці з метою з'ясування стану та розроблення досліджуваної проблеми; прогнозування й систематизація процесу навчання школярів;

- *емпіричні*: узагальнення педагогічного досвіду, спостереження; бесіди, анкетування для з'ясування стану реалізації проблеми у практиці роботи школи;

- *статистичні*: методи математичної обробки для кількісного та якісного аналізу і встановлення результатів дослідження.

Практичне значення роботи полягає в тому, що вона забезпечує теоретичні обґрунтування та методичне забезпечення для ефективного впровадження інноваційних STEM-засобів у навчальний процес з біології. Робота пропонує конкретну, експериментально перевірену методику використання цифрових STEM-ресурсів (симуляцій, 3D-моделювання, кодування) для формування ключових практичних навичок (аналізу даних, проєктування) на уроках біології.

Результатом роботи є систематизований перелік та рекомендації щодо застосування актуальних цифрових STEM-платформ у біологічному контексті. Впровадження розробленої методики дозволяє суттєво підвищити рівень інтерактивності уроків біології, роблячи їх більш захоплюючими та зрозумілими.

Апробація результатів та публікації. Наукове дослідження було опубліковане у двох публікаціях:

1. Кулина Л.В., Жизномірська Н.О., Москалюк Н.В. Онлайн-платформи та мобільні додатки як інструменти для реалізації STEM-підходу в освіті. *Шлях в науку: перші кроки* : матер. III всеукр. конф. (Тернопіль, 9 квіт. 2025 р.). Тернопіль : ФОП Осадца Ю. В., 2025. С. 72–74.

2. Кулина Л., Москалюк Н., Семенюк А., Явна В. Використання цифрових STEM-ресурсів для активізації навчально-дослідницької діяльності з біології. *Innovative Research in Science and Economy: Collection of Scientific Papers with Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference*. International Scientific Unity. December 3-5, 2025. Brussels, Belgium. P. 634–637.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота викладена на 92 сторінках машинописного тексту, з яких основного тексту – 69 сторінок, включає вступ, три розділи, висновки, список літературних джерел (80) та додатки. Робота містить 18 таблиць і 14 рисунків.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК УЧНІВ У КОНТЕКСТІ STEM- ОСВІТИ

1.1. STEM-освіта як сучасний методологічний підхід: сутність, принципи та структура

STEM-освіта (від англ. Science, Technology, Engineering, Mathematics) – це сучасний методологічний підхід, який забезпечує інтеграцію природничих, технічних, інженерних та математичних дисциплін у єдиний навчальний процес. Суть STEM-освіти полягає у формуванні міждисциплінарного мислення та розвитку практичних навичок для розв’язання реальних проблем. Вона зміщує акцент з теоретичного засвоєння фактів на дослідницьку діяльність (Inquiry-Based Learning), проєктну роботу (Project-Based Learning) та інженерне проєктування. Основна мета використання STEM – підготувати учнів до інноваційної діяльності та професій майбутнього, які вимагають знань на перетині наук.

Сучасна епоха характеризується стрімким проникненням інноваційних технологій та гаджетів у всі сфери життя, побуту та освіти. Ці зміни докорінно трансформують ринок праці та економіку, де домінуюче значення набувають математичні, облікові та обчислювальні дисципліни (від логарифмів до складних функцій). При цьому, такі галузі, як архітектура й містобудування, базуються на точних математичних розрахунках, а медичні дослідження та біотехнології неможливі без глибокого знання хімії та біології [3, С. 26].

Визнаючи її вирішальну роль у прогресі суспільства, STEM-освіта набуває особливого значення як інструмент забезпечення сталого розвитку. Її впровадження сприяє ефективному формуванню комплексу інтелектуальних навичок, зокрема критичного мислення, а також стимулює інноваційний потенціал учнів. Основні аспекти та переваги STEM-освіти подано нижче:

- ✓ розвиток дослідницьких навичок: STEM-освіта стимулює пізнавальний інтерес учнів до природничих наук, досліджень та експериментування. Вона забезпечує практичну базу для формування умінь

ставити гіпотези, шукати обґрунтовані відповіді та ефективно розв'язувати реальні проблемні ситуації;

✓ забезпечення конкурентоспроможності на ринку праці: STEM-освіта здійснює цілеспрямовану підготовку учнів до функціонування в сучасному інформаційному та високотехнологічному суспільстві. Випускники зі STEM-кваліфікацією отримують значні переваги, що виражається у розширених можливостях працевлаштування на високооплачувані посади та ефективній реалізації свого професійного потенціалу;

✓ стимулювання інновацій та технологічного прогресу: STEM-освіта виступає ключовим чинником для прискорення інноваційних процесів і забезпечення технологічного розвитку держави. Вона генерує нові ідеї, винаходи та прикладні рішення, необхідні для подолання глобальних викликів сучасності, зокрема, у сфері зміни клімату та здійснення медичних відкриттів;

розвиток критичного мислення та компетентності розв'язання проблем (Problem-Solving): STEM-освіта формує в учнів уміння критично аналізувати та об'єктивно оцінювати інформацію, самостійно генерувати висновки та знаходити ефективні шляхи вирішення складних, нетипових задач [63];

✓ підготовка до подолання глобальних викликів. У контексті сучасних світових проблем, таких як забезпечення продовольчої та енергетичної безпеки чи боротьба зі зміною клімату, STEM-освіта набуває стратегічного значення. Вона цілеспрямовано готує наступне покоління лідерів, науковців та інженерів, які матимуть необхідні знання та інструменти для розробки рішень цих найактуальніших проблем людства.

Для досягнення успіху у впровадженні STEM-освіти необхідно забезпечити низку ключових умов. Насамперед, це створення стимулюючого навчального середовища та активне використання сучасних технологій. Критично важливим є забезпечення доступності цієї освіти для всіх категорій учнів, а також постійна підтримка пізнавального інтересу до STEM-предметів через організацію науково-дослідницьких проєктів і конкурсів. Не менш важливою є повна інтеграція STEM-підходу в систему шкільної освіти [61].

Якщо замислитись над тим, яким буде світ в майбутньому, спостерігаючи, як стрімко розвивається людство, важко передбачити випускникам і вчителям, до чого в цьому світі готуватися та яким чином будувати кар'єру. Школа повинна перебудовуватися у відповідності до виклику часу та готувати школярів до життя в інформаційно-технологічному суспільстві. Динамічний світ високих технологій вимагає фахівців, здатних працювати на стику різних дисциплін, ефективно розв'язувати комплексні задачі та володіти навичками командної роботи і критичного мислення. Такі професії XXI століття, як архітектор віртуальної реальності, нано-медик, робототехнік, інженер 3D-друку та оператор дронів, підкреслюють необхідність випереджувальної освіти. Саме тому держави, що прагнуть технологічного лідерства, усвідомили цю потребу і визначили STEM-освіту як ключовий тренд розвитку [62].

Ключова сутність STEM полягає не просто у вивченні чотирьох предметів, а у їхній тісній інтеграції та синергії. На відміну від традиційної освіти, де дисципліни викладаються ізольовано, STEM-підхід орієнтований на міжпредметне навчання (Interdisciplinary Learning), яке:

- Контекстуалізує знання (учні застосовують теорію в контексті реальних життєвих проблем та викликів);
- Сфокусоване на інженерії (E) (інженерія є рушійною силою STEM, оскільки вона вимагає переходу від теоретичного знання (Science) до практичного проектування та розв'язання проблем (Problem-Solving));
- Формує критичне мислення (учні проходять повний цикл: від аналізу проблеми до проектування рішення та його тестування).

Таким чином, філософія STEM спрямована на підготовку не просто споживачів інформації, а інноваторів та креативних розробників, здатних до висококваліфікованої діяльності в технологічному світі.

Ефективне впровадження STEM-освіти базується на низці дидактичних **принципів**, які забезпечують активну, практико-орієнтовану навчальну діяльність:

➤ Принцип інтеграції (міждисциплінарності) - центральний принцип, що вимагає розробки навчальних ситуацій та проєктів, які залучають знання та методи двох і більше STEM-дисциплін одночасно.

➤ Принцип проєктування - навчання відбувається через постійну діяльність з моделювання, конструювання та ітераційного вдосконалення. Учні висувують гіпотези, створюють прототипи та оптимізують їх.

➤ Принцип дослідницької діяльності - процес навчання стимулюється питанням, а не готовою відповіддю. Учні самостійно шукають інформацію, проводять експерименти та роблять висновки, наслідуючи науковий метод.

➤ Принцип актуальності та контекстуальності - навчальні завдання мають бути безпосередньо пов'язані з соціальними, економічними та екологічними викликами сучасності, що підвищує мотивацію учнів.

У контексті викладання біології, структурні компоненти STEM набувають конкретного виміру, а саме див. табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Компоненти, роль і застосування STEM на уроках біології

№	Компонент	Роль у STEM-освіті	Застосування на уроках біології
1.	S (Science)	Надання фундаментальних знань та наукового методу.	Вивчення біологічних законів, хімічного складу клітини, фізіологічних процесів (наприклад, дія ферментів).
2.	T (Technology)	Використання цифрових інструментів для збору та аналізу даних.	Застосування мобільних додатків, GPS-трекерів, цифрових мікроскопів, ІКТ для візуалізації.
3.	E (Engineering)	Створення рішень, конструювання моделей та прототипів.	3D-моделювання органів (Tinkercad), проєктування екосистем, розробка фільтрів для води, створення роботів-сортувальників сміття.
4.	M (Mathematics)	Кількісний аналіз, логічне мислення, моделювання та статистика.	Обчислення чисельності популяцій, аналіз генетичних даних, морфометрія рослин, графічне представлення результатів експериментів.

Таким чином, STEM-освіта слугує методологічною основою для переходу від пасивного засвоєння знань до активного формування практичних та інженерних навичок учнів, що є критично важливим для забезпечення їхньої конкурентоспроможності та успіху в сучасному технологічному суспільстві.

1.2. Аналіз існуючого вітчизняного та зарубіжного досвіду впровадження STEM-технологій у викладання біології

На сьогоднішній день у світі стрімко зростають потоки інформації, впроваджуються високотехнологічні інновації та розробки, що впливають на всю сферу нашого життя. Змін прагне суспільство, інтереси особистості. Прогнозується, що 75% професій, які найбільше розвиваються, потребують володіння навичками STEM [44].

Вперше акронім STEM був запропонований в 2001 році для позначення тренду в освітній та професійній сферах науковцями Національного наукового фонду США. Е. Рауп заснував організацію «Ініціативна наука», у подальшому «STEM.org», і вперше використав у документах поняття STEM [36, С. 23]. STEM-освіта як окрема галузь дидактики виокремилася в США в 2009 році з програми «Educate to Innovate». У США дана галузь координується Комітетом при Науково-технологічній раді та Комісією з науки, інженерної справи та суспільної політики Академії наук США [36, С. 25].

У 2015 році підписання Меморандуму ініціювало створення Коаліції STEM-освіти в Україні. Ця Коаліція визначила ключові завдання STEM-підходу: профорієнтацію та розробку програми для впровадження інноваційних методів навчання в освітніх закладах [15]. На основі цих завдань, наукові праці зосереджуються на висвітленні підходів, особливостей і понятійної системи реалізації сучасної STEM-освіти, зокрема в умовах педагогічних університетів.

Проблемам інноваційного та науково-дослідного мислення в контексті STEM-освіти присвятили свої роботи численні науковці [12; 43; 57] (С. Бревус, В. Величко, С. Гальченко, Л. Глоба, К. Гуляєв, В. Камишин, Е. Клімова, О.

Комова, О. Лісовий, Н. Морзе, Л. Ніколенко, Р. Норчевський, М. Попова, В. Приходнюк, М. Рибалко, О. Стрижак, І. Чернецький та інші) та зарубіжні дослідники (М. Harrison, D. Langdon, B. Means, E. Peters-Burton, N. Morel, J. Confrey, A. House) [37; 42]. Теоретичні засади STEM-освіти детально розглянуті у працях таких закордонних учених, як George Lucas, Georgette Yakman, Jonathan W. Gerlach, а також українських науковців (І. Василяшко, С. Галата, О. Коршунова, Н. Морзе, О. Патрикєєва та інші) [13, 14, 38].

Теоретичним підґрунтям для розв'язання проблеми активізації застосування STEM-технологій у навчальному процесі слугують праці українських та закордонних учених із питань психології та педагогіки творчості. До них належать дослідження Б. Ананьєва, Дж. Гілфорда, Л. Когана, О. Леонтєєва, А. Макаренка, Я. Пономарьова, С. Рубінштейна, С. Сисоєвої та інших [64]. Сучасні дослідники приділяють особливу увагу поняттю «творчий потенціал здобувача освіти». Зокрема, І. Мартинюк визначає творчий потенціал як сукупність можливостей для успішної реалізації нових напрямів діяльності суб'єкта творчості. Розвиток цього потенціалу є ключовим завданням STEM-освіти, оскільки він безпосередньо корелює зі здатністю генерувати інновації та знаходити нестандартні інженерні рішення [25].

Для того, щоб українська освіта не лише відповідала високим стандартам, а й була захоплюючою для школярів, фахівці наголошують на необхідності пошуку інноваційних варіантів та вивчення ефективних міжнародних напрацювань. Одним із таких взірців стала методика «Філософія для дітей» професора Кйонсанського національного університету (Південна Корея) Д. Парка, яка успішно реалізується у 80 країнах світу. Суть цієї концепції полягає у відході від традиційного механічного заучування інформації на користь розвитку навичок логічного мислення, ведення дискусії, а також уміння аргументувати власну позицію та сприймати доводи співрозмовника [24].

Теоретичні основи впровадження STEM-освіти в Україні детально розкрито у працях таких вітчизняних науковців, як О. Барна, Н. Балик, В.

Величко, Т. Журавель, О. Данилова, О. Патрикєєва, О. Лозова, С. Горбенко та Н. Гончарова [29].

Окремий науковий інтерес становить актуальність запровадження STEM-підходу з дошкільного віку, що ґрунтовно обґрунтовано у роботах О. Грицишиної, К. Крутій та І. Стеценко процесі [1; 5]. Досвід інших країн у сфері реалізації STEM-освіти систематизовано та описано у дослідженнях О. Ковалеко та А. Фролова, що є важливим для адаптації міжнародних практик в українському освітньому процесі [3, С. 27].

У працях М. Бирки дослідження бар'єрів впровадження STEM-освіти, яке, підтверджує, що проблема STEM активно розробляється у науково-педагогічному просторі. Науковці здебільшого пропонують або загальну теоретичну характеристику STEM-підходу, або зосереджують увагу на його окремих методичних чи технологічних аспектах (наприклад, інтеграція ІКТ, створення цифрових інструментів) [27].

STEM-освіта (Science, Technology, Engineering, Mathematics) набула критично важливого значення в сучасному світі, оскільки саме ці галузі є рушіями наукового і технологічного прогресу. Серед країн Далекого Сходу, Сінгапур, Китай, Японія та Південна Корея визнані світовими лідерами завдяки успішному впровадженню STEM-підходів та значним досягненням у цих сферах. Однак, незважаючи на спільну мету, кожна з цих країн розробила власні унікальні стратегії та особливості реалізації STEM-освіти в національних освітніх системах [15].

Досвід інших країн, зокрема впровадження STEM-підходів на уроках біології, демонструє важливість цілеспрямованого розвитку освітніх програм та методик. Китайська система освіти є світовим лідером у впровадженні STEM-підходів, що характеризується високою інтенсивністю та пріоритетом природничих і математичних дисциплін.

Основні особливості китайської стратегії включають:

➤ Інтенсивна підготовка. Програми STEM передбачають посилену математичну підготовку, велику кількість лабораторних робіт та практичних занять, що забезпечує глибоке освоєння матеріалу.

➤ Інституційна підтримка. Розвитку галузі сприяє значна кількість університетів і шкіл, що надають пріоритет STEM-освіті.

➤ Робота з обдарованими. Існують спеціалізовані школи для обдарованих учнів, де навчання біології є інтенсивним та поглиблено інтегрується з іншими STEM-предметами.

➤ Дослідницька діяльність. Активна участь у наукових олімпіадах і конкурсах з біології стимулює розвиток молодих талантів. Учні мають можливість долучатися до наукових гуртків та клубів, де вони поглиблюють свої біологічні знання та здобувають досвід дослідницької роботи.

Японія відома своєю високою якістю освіти та підходом до STEM-навчання, який ґрунтується на практичному дослідженні та розвитку критичного мислення і проблемного вирішення завдань. Ключові особливості японської STEM-стратегії. 1. Навчання біології активно інтегрується з іншими STEM-дисциплінами (зокрема, хімією та фізикою). Це дає учням змогу бачити взаємозв'язок між науками та застосовувати знання на практиці. 2. Уроки біології включають часті практичні лабораторні роботи та дослідження, що цілеспрямовано розвиває навички наукового методу. 3. Активно застосовуються сучасні технології (віртуальні лабораторії, 3D-моделювання) для візуалізації та поглиблення знань. 4. Учні беруть участь у міждисциплінарних проєктах, де вони досліджують біологічні аспекти реальних глобальних проблем (наприклад, збереження довкілля або розробка нових ліків). 5. Важливою складовою є робота в наукових гуртках і позашкільних активностях, що стимулює поглиблення інтересу до науки. Такий підхід забезпечує підготовку висококваліфікованих фахівців, здатних до інновацій [10].

Південна Корея відома своїми високими результатами в міжнародних рейтингах у природничих науках. Освітній процес у країні чітко орієнтований

на розвиток творчого мислення та проблемної роботи. Ключові особливості південнокорейської системи: учні проходять обов'язковий курс біології, що включає поглиблене вивчення різних її аспектів, активна участь у наукових олімпіадах і конкурсах з природничих наук, а також можливість молодим науковцям представити свої дослідження на конференціях та виставках, підкреслюється важливість збереження природи, і біологічна освіта ефективно сприяє усвідомленню цих глобальних питань [12].

Особливої уваги заслуговує підхід до освіти в Сінгапурі. Сінгапурська освітня система визнана однією з найуспішніших у світі, що підтверджується її включенням до ТОП-10 міжнародних рейтингів, зокрема за результатами World Top 20 Education Poll [68]. Країна справедливо вважається лідером у якості початкової освіти.

Сінгапурська освітня система має світове визнання як одна з найуспішніших та найефективніших, про що свідчить її високе місце (ТОП-10) у міжнародних рейтингах [41, С. 189]. Особливості сінгапурського підходу до STEM-освіти: стратегія фокусується на глибинному засвоєнні базових концепцій (Less is More – менше тем, глибше засвоєння), проблемно-орієнтоване навчання (PBL): навчання природничих наук, включаючи біологію, часто відбувається через розв'язання реальних проблем та проведення дослідницьких проєктів, що розвиває критичне мислення та прикладні навички, активно використовуються інноваційні технології для візуалізації складних біологічних процесів та моделювання, забезпечуючи високу інтеграцію навчального матеріалу. Освітня політика Сінгапуру цілеспрямовано узгоджується з ключовими навичками для XXI століття, визначеними на Світовому економічному форумі у Давосі. Країна робить акцент на формуванні таких критично важливих компетентностей: особиста та соціальна відповідальність, комунікативні навички, міжособистісна та групова взаємодія, творчість, критичне та системне мислення, уміння виявляти проблеми та знаходити шляхи їх розв'язання, інформаційні навички та медіа грамотність [47].

У Сінгапурі також приділяється значна увага STEM-проектам – комплексним завданням, які практично пояснюють учням складні природничі явища. Ці проекти виконують важливу соціальну місію: вони пропонуються дівчатам у формі інтерактивного завдання «зміно творця» (change maker), що має на меті привернути їхню увагу до сфер програмування та технічних спеціальностей, подолавши гендерний розрив у цих галузях [12]. У сінгапурських школах активно використовуються інноваційні технології, зокрема окуляри Microsoft HoloLens – голографічний комп'ютер, що забезпечує взаємодію з голограмами у реальному просторі (доповнена реальність, AR).

Складні для словесного пояснення явища, як-от природні процеси, хімічні реакції, детальна анатомія людини чи зміни клімату, можуть бути лише частково вирішені за допомогою традиційних ілюстрацій чи відео. Натомість, віртуальна реальність (VR) та AR стають захопливим і ефективним способом для учнів: візуалізувати та взаємодіяти з об'єктами (наприклад, людським серцем або глибинами морського дна) безпосередньо в класі; побачити абстрактні концепції, що значно підвищує розуміння та зацікавленість у природничих науках.

Таким чином, технології VR/AR трансформують пасивне засвоєння інформації у занурення в інтерактивний дослідницький досвід. Інформатизація освіти в Україні має стати одним із стратегічних пріоритетів [65]. Майбутнє навчального процесу пов'язане з ефективним поєднанням ІТ-технологій зі шкільними дисциплінами, зокрема біологією. На практиці це реалізується через: використання програми Sway для створення презентацій та розробка цифрових карток для запам'ятовування біологічних символів і термінів, застосування освітньої версії гри Minecraft для детального вивчення та розбору складних біологічних процесів, пошук інформації в Інтернеті, проведення різноманітних експериментів та публікація результатів досліджень у форматі освітнього блогу. Такий підхід відповідає концепції «навчання впродовж життя», принципу, якого, як відомо, послідовно дотримуються в Сінгапурі [12].

В Україні процес переорієнтації на компетентністний підхід лише почався.

Однак у всьому, що стосується зміни мислення, усвідомлення ролі вчителя та учня як безпосередніх учасників освітнього процесу, методик та технологій навчання – ми говоримо зі світом однією мовою. Впровадження STEM-освіти в Сінгапурі, Китаї, Японії та Південній Кореї є прикладом успішного підходу до підготовки молодого покоління в галузях науки та технологій. Кожна з цих країн має власні стратегії та особливості, які можуть бути корисними для інших країн, що прагнуть розвивати STEM-освіту. Досвід цих країн свідчить про важливість високої якості освіти і створення сприятливого середовища для розвитку наукового та технологічного потенціалу.

В Україні, де процес переходу до компетентнісного підходу лише набирає обертів, інформатизація та інтеграція ІТ-технологій (наприклад, Sway, Minecraft, micro:bit, VR/AR) зі шкільними дисциплінами, особливо біологією, стає пріоритетом. Успішний досвід країн Далекого Сходу – Китаю (інтенсивність та пріоритет), Японії (практичність та якість), Південної Кореї (творче мислення та високі стандарти) та Сінгапуру (фокус на міждисциплінарних проєктах та соціальній відповідальності) – слугує цінним орієнтиром для розробки унікальних національних STEM-програм.

Незважаючи на загальну дослідженість теми, недостатньо з'ясованими залишаються психолого-педагогічні аспекти впровадження STEM-освіти в українській практиці. Загалом, STEM-освіта є стратегічною інвестицією в людський капітал. Її системне та грамотне впровадження вимагає створення стимулюючого середовища та забезпечення доступності сучасних технологій, що є необхідною умовою для забезпечення технологічного прогресу України та її конкурентоспроможності на світовій арені.

1.3. Психолого-педагогічні засади формування практичних навичок у процесі навчання біології

Мета STEM-освіти полягає у цілеспрямованому створенні зв'язків між школою і соціальними практиками, між навчальним процесом і цілим світом в

аспекті розвитку природних здібностей дитини, рівень яких визначатиме її успішну самореалізацію як під час навчання, так і поза школою. Учень не просто вчиться генерувати цікаві ідеї, але й відразу втілює їх у життя, навчається планувати свою діяльність, виходячи з поставленого завдання і наявних ресурсів, що обов'язково стане йому в нагоді у реальному житті [5].

STEM-освіта є невід'ємною частиною Нової української школи (НУШ), тому що вона не лише дає змогу отримати нові знання, вона дає можливість учням оволодіти необхідними компетентностями за для системного мислення, можливості жити в світі, який розвивається стрімкими темпами, легко та швидко адаптуватися до нього [46].

На нашу думку, запровадження елементів STEM-технологій в освіті дає можливість дітям більш ефективно засвоювати новий матеріал, робить освітній процес цікавим, мотивує до навчання, до отримання нових знань самостійно або в команді, мислити оригінально, не за шаблоном, шукати рішення швидко, комплексно, неординарно, креативно, всебічно розвивати свої здібності [48]. А вчителі у цей час можуть наочно давати знання дітям, привчати їх до самостійності, до роботи у команді, неординарно підходячи до навчання мотивувати та зацікавлювати, розвивати дитячі здібності. Тобто учні з пасивних отримувачів знань стають активними учасниками освітнього процесу, конструкторами системи отриманих знань, а вчителі перетворюються в організаторів процесу пошуку й отримання нових знань.

STEM-технології можна, і необхідно, застосовувати в усіх класах і при вивченні всіх предметів шкільного курсу без винятку: української мови та літератури, іноземних мов, математики, фізики, хімії, біології, мистецтва, інформатики і так далі. Застосування таких технологій зробить освітній процес максимально різноманітним, наочним, зрозумілим, більш доступним для запам'ятовування [4].

У шкільному курсі біології дуже важливе прикладне спрямування. Тому спираючись на Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2021/2022 навчальному році

підготовлені Інститутом модернізації змісту освіти [6] впроваджуємо в освітній процес STEM-технології на уроках біології.

STEM-технології, придатні для вивчення біології, класифікуються як інструменти, що забезпечують практичну, інтегровану та дослідницьку діяльність. Вони дозволяють моделювати живі системи, автоматизувати збір даних і візуалізувати біологічні процеси, що є недосяжним для традиційних методів [9].

Класифікація STEM-технологій у біології [77]:

1. Моделювання та візуалізація - забезпечують створення, маніпулювання та вивчення складних структур, процесів і систем у цифровому чи фізичному форматі (3D-моделювання, віртуальні лабораторії, 3D-друк, VR/AR (віртуальна, доповнена реальність), симуляційні програми).

2. Автоматизація та програмування - інструменти, що інтегрують електроніку та програмування для вимірювання, моніторингу та управління біологічними процесами (Arduino-платформи, робототехніка (як маніпулятори), датчики (температура, pH).

3. Проєктно-інженерні комплекси - системи, що вимагають застосування інженерного циклу для розв'язання біологічної проблеми (наприклад, створення біопристрою) (робототехнічні конструктори, біоакінг-платформи, LEGO Education, Makeblock, VEX, конструктори, що програмуються, пневматичні та гідравлічні системи).

4. Збір та аналіз даних - вимірювання параметрів реального світу, обробка, інтерпретація та представлення інформації. Наприклад, датчики (температури, світла, pH), логери даних, мультиметри, ПЗ для статистичної обробки (наприклад, Excel, Google Sheets).

Формування практичних навичок у процесі викладання біології є ключовою вимогою сучасного компетентнісного підходу. Практична навичка – це автоматизована дія, доведена до високого ступеня досконалості шляхом свідомого повторення та вправ, яка дає змогу учневі застосовувати теоретичні знання для вирішення конкретних біологічних (або біоінженерних) завдань.

Перехід від теоретичного засвоєння до практичного володіння вимагає інтеграції психологічних теорій навчання та ефективних педагогічних методик.

Саме психолого-педагогічні засади визначають принципи організації навчального середовища, яке стимулює активну діяльність учня, розвиває його мотивацію та забезпечує умови для поетапної інтеріоризації зовнішніх дій у внутрішні, автоматизовані навички. Формування практичних навичок базується на двох взаємопов'язаних групах засад: психологічних (що пояснюють внутрішні механізми засвоєння) та педагогічних (що визначають зовнішні умови та методи).

Психологічні теорії підкреслюють, що навички не можуть бути передані, а повинні бути сформовані через активну діяльність суб'єкта. Згідно теорії діяльності (О. Леонтьєв, С. Рубінштейн) навичка розглядається як результат інтеріоризації (переходу зовнішньої, матеріальної дії у внутрішню, розумову). Формування навички проходить етапи: усвідомлення значущості та мети дії; виконання дії з опорою на зовнішні предмети (наприклад, проведення експерименту з покроковою інструкцією); проговорювання алгоритму дії вголос (самоінструкція); здійснення дії «про себе», автоматизація та згортання дії до навички [8].

Концепція Зони найближчого розвитку (ЗНР) (Л. Виготський) передбачає формування складних практичних навичок (таких як біологічне моделювання чи інженерне проектування) має відбуватися в ЗНР. Це означає, що учень виконує завдання, яке є для нього новим, але здатний його реалізувати за підтримки вчителя або більш досвідченого товариша (принцип «скефолдингу» або «риштування») [8]. У контексті STEM-освіти це реалізується через спільну роботу над проєктами. Стійкість та якість навички залежать від внутрішньої мотивації учня. STEM-освіта, завдяки своїй орієнтації на вирішення реальних, прикладних проблем, забезпечує високий рівень інтересу, перетворюючи навчальну дію на особистісно значущу.

Педагогічні засади визначають, які методичні підходи та умови є найбільш сприятливими для ефективного та стійкого формування практичних

навичок. Діяльнісний підхід є фундаментальним і вимагає заміни пасивного сприйняття інформації на активну пізнавальну діяльність. У біології це реалізується через: лабораторні роботи та практикуми (якісна демонстрація), проєктну та дослідницьку діяльність (самостійне планування і виконання), STEM-моделювання (інженерний компонент: від ідеї до моделі).

Практичні навички розглядаються не як самоціль, а як інтегрована частина ключових компетентностей. Наприклад, навичка мікроскопування стає частиною науково-природничої компетентності, а навичка роботи з датчиками – частиною інформаційно-цифрової. Сучасна педагогіка активно використовує технології для посилення наочності та забезпечення умов для багатократного тренування. У біології це: використання віртуальних лабораторій та AR/VR для «безпечного» тренування складних навичок, застосування цифрових датчиків та мікрокомп'ютерів (Arduino, Micro:bit) для автоматизації вимірювань, що дозволяє учням зосередитися на аналізі даних, а не на рутинній операції.

Формування навички вважається завершеним лише тоді, коли учень здатний критично оцінити якість виконаної дії та її результат. Педагогічно це забезпечується через: самооцінювання (за чітко визначеними критеріями), командну рефлексію (аналіз помилок у групі), можливість оптимізації (ключовий елемент STEM-проєктів, де модель чи рішення доопрацьовується після тестування) [76, С. 18].

Таким чином, ефективна методика викладання біології повинна не лише пропонувати учням «що робити», а й створювати оптимальні психологічні та педагогічні умови для того, «як робити» це максимально свідомо та продуктивно.

1.4. Аналіз педагогічного досвіду та результати анкетування педагогічних працівників щодо впровадження STEM в освітній процес

Ефективне впровадження будь-якої інноваційної освітньої моделі, неможливе без оцінки кадрового потенціалу та психолого-педагогічної

готовності основних її носіїв – учителів. Виходячи з необхідності діагностики бар'єрів у повноцінному впровадженні STEM-освіти, а також для оцінки потреби в модернізації професійної підготовки педагогів, нами було організовано опитування вчителів (Додаток А). Метою даного опитування є теоретичне обґрунтування та емпіричний аналіз рівня готовності вчителів біології до інтеграції STEM-засобів у навчальний процес. У ньому буде детально проаналізовано результати проведеного нами анкетування, що дозволить:

1. Виявити рівень обізнаності педагогів із сутністю та принципами STEM-підходу.
2. Оцінити методичні потреби вчителів у використанні цифрових ресурсів та 3D-моделювання.
3. Ідентифікувати основні бар'єри (кадрові, матеріально-технічні, психологічні), які перешкоджають повноцінному впровадженню навчання з використанням STEM.

Опитування проводилося за допомогою Google форми в онлайн форматі і охопило 21 учителя, що представляють різні освітні установи (рис. 1.1).

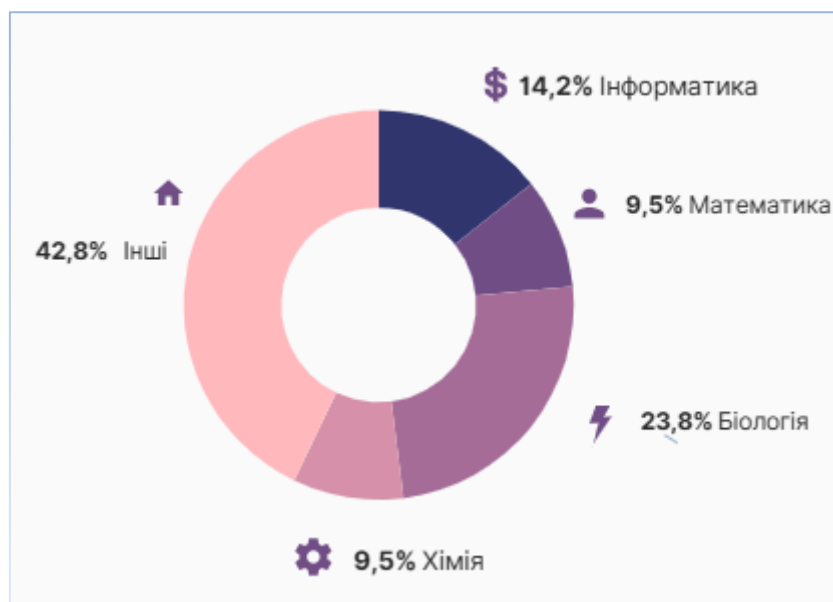


Рис.1.1. Розподіл респондентів-учителів за спеціальностями.

Вибірка дослідження мала виражену гендерну асиметрію: переважну більшість опитуваних становили жінки (95,2%). Щодо професійного статусу,

85,7% респондентів обіймали посади вчителів загальноосвітніх навчальних закладів, тоді як 9,5% були представлені викладачами університетів. Аналіз предметної спеціалізації показав значну варіативність: найбільшою групою (23,8%) виявилися вчителі біології, що узгоджується з фокусом даного дослідження. Також значно були представлені педагоги інформатики (14,2%), тоді як вчителі математики та хімії склали по 9,5% відповідно. Інші предметні напрями (фізика, українська мова тощо) були представлені меншою часткою.

Розроблена анкета була спрямована на комплексну оцінку обізнаності та активності педагогів і складалася з 14 запитань. Вони були розподілені на дві основні групи: 10 запитань виявляли рівень обізнаності щодо STEM-освіти, а 4 запитання стосувалися освітньої активності вчителів та їхнього досвіду участі у професійних заходах. Анкета включала три типи запитань для забезпечення повноти та різноманітності відповідей:

1. Закриті запитання, що передбачали вибір однієї або кількох варіантів відповідей (множинний вибір).

2. Закриті запитання із застосуванням шкали Лікерта для оцінювання (від 0 до 5 балів).

3. Відкриті запитання, що вимагали надання довільної текстової відповіді.

Ключові запитання анкети стосувалися самооцінки педагогами своїх знань та вмінь щодо STEM-технологій. Учителів просили оцінити власний рівень обізнаності за п'ятибальною шкалою, де 0 балів означав повну необізнаність («Вперше чую про це»), а 5 балів – найвищий рівень володіння («Активно використовую STEM технології»). Така шкала дозволила отримати кількісні дані для подальшого порівняльного аналізу та відображення на рис. 1.2.

Аналіз відповідей на запитання щодо загального розуміння STEM-освіти показав, що більшість опитаних педагогів мають чітке уявлення про цю концепцію. Зокрема, частка вчителів, яким поняття STEM-освіти є абсолютно невідомим, склала лише 4,7%. Це свідчить про достатній рівень інформованості педагогічної спільноти щодо інноваційних освітніх тенденцій.

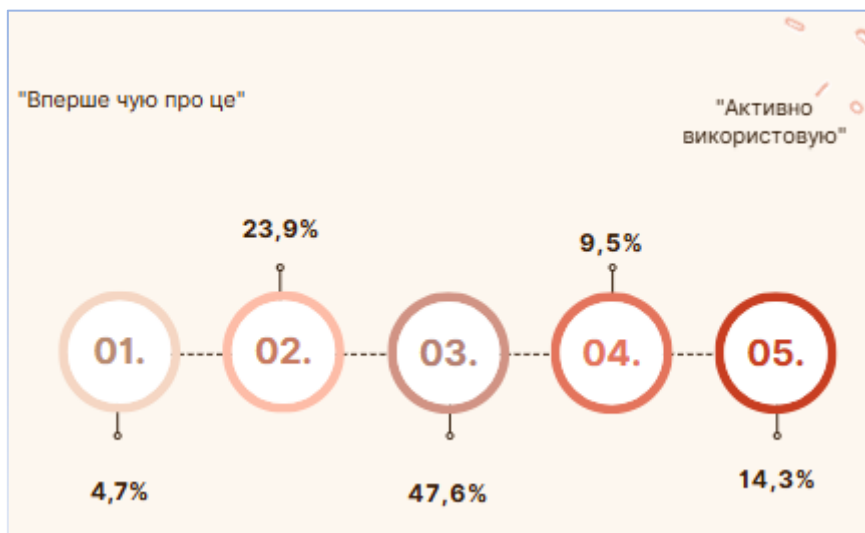


Рис. 1.2. *Відповіді щодо рівня обізнаності у питаннях STEM-освіти.*

Окреме запитання було присвячене виявленню оптимального та найефективнішого поєднання дисциплін у рамках STEM-освіти. Респондентам було запропоновано обрати зі списку не більше чотирьох предметів, які, на їхню думку, формують найбільш продуктивну міждисциплінарну інтеграцію. Отримані дані, що відображають бачення вчителями ключового міжпредметного зв'язку, детально представлено на рис. 1.3.

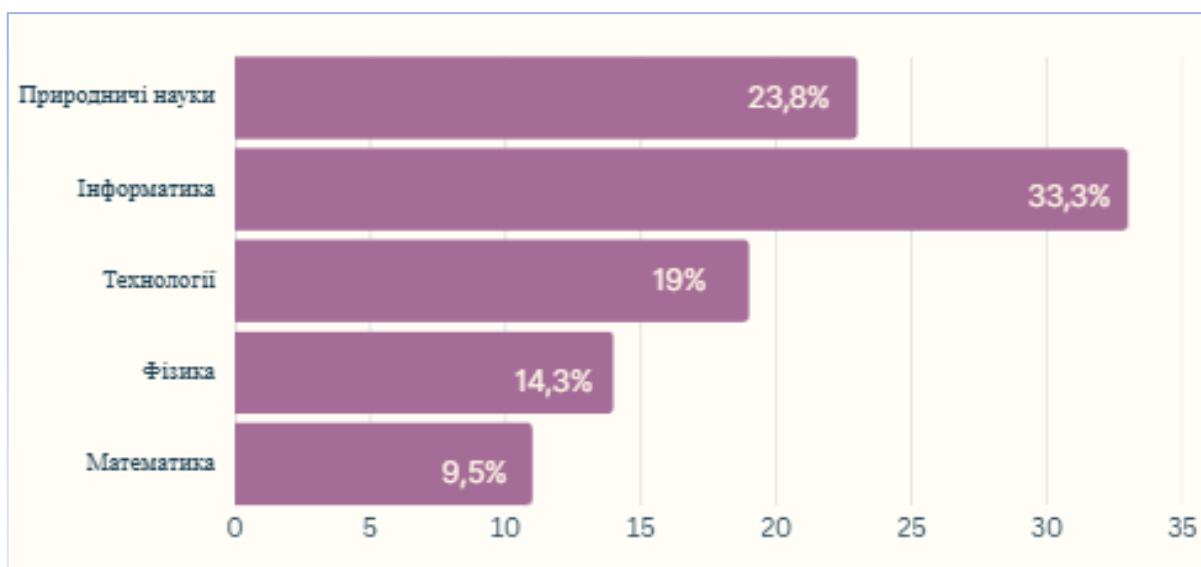


Рис. 1.3. *Відповіді на запитання про найкраще поєднання предметів для STEM-освіти.*

Аналіз відповідей щодо оптимального поєднання дисциплін у STEM-освіті показав, що найбільшу перевагу респонденти надали таким напрямом:

інформатика (33,3%), природничі науки (23,8%) та технології (19,04%). Ці результати свідчать про загальне усвідомлення важливості технологічного та обчислювального компонентів у сучасній освіті. Водночас, інші дисципліни отримали менше ніж 5% вибору, при цьому деякі учасники опитування навіть зазначили філологію як елемент міждисциплінарної інтеграції.

Було виявлено цікавий факт кореляції між предметною спеціалізацією вчителя та його вибором: педагоги переважно обирали ті дисципліни, які вони викладають самі. Наприклад, вчителі математики надавали найбільшу кількість відповідей за математику, а вчителі фізики – за фізику. Такий розподіл є закономірним і зумовлений спеціалізацією вчителів, а також їхнім прогнозуванням застосування STEM-освіти безпосередньо у власній роботі.

Цей результат можна інтерпретувати як позитивну професійну рефлексію: вчителі усвідомлюють потенціал STEM-підходу, але спершу прагнуть інтегрувати його в найбільш знайому їм предметну область. Це підтверджує необхідність розробки чітких міждисциплінарних модулів для стимулювання більш широкої інтеграції.

Для подальшої оцінки розуміння сутності STEM-освіти, респондентам було запропоновано обрати декілька справедливих тверджень із переліку, що стосуються ключових характеристик STEM-освіти (рис. 1.4). Результати опитування свідчать про те, що для більшості вчителів STEM-освіта асоціюється з перспективним напрямом розвитку (61,4%), який має значний потенціал для зацікавлення учнів науковим дослідженням світу.

Крім того, значна частина викладачів (19%) розглядає цей підхід як можливість бути причетним до інноваційних процесів в освітній системі. Варто відзначити, що лише незначна частка респондентів (4,7%) висловила сумніви чи скептичне ставлення до доцільності впровадження STEM-освіти.



Рис. 1.4. Відповіді-твердження про STEM-освіту.

На запитання щодо найкращого опису властивостей STEM-освіти (з можливістю множинного вибору), вчителі виділили низку ключових характеристик, що підтверджують їхнє розуміння діяльнісної природи підходу (рис. 1.5). Найбільш характерною властивістю, на думку більшості опитаних (71,4% або 15 вчителів), є робота в команді. Також високо оцінена науково-пошукова діяльність (66,6%), що включає дослідницьку складову та можливість експериментувати (28,6%). Важливість міждисциплінарності та інтегрованості відзначили 33,3% респондентів.

Ці відповіді підтверджують, що вчителі цінують STEM передусім за його здатність стимулювати взаємодію, інтеграцію та обмін досвідом, які є основними для сучасного педагога.

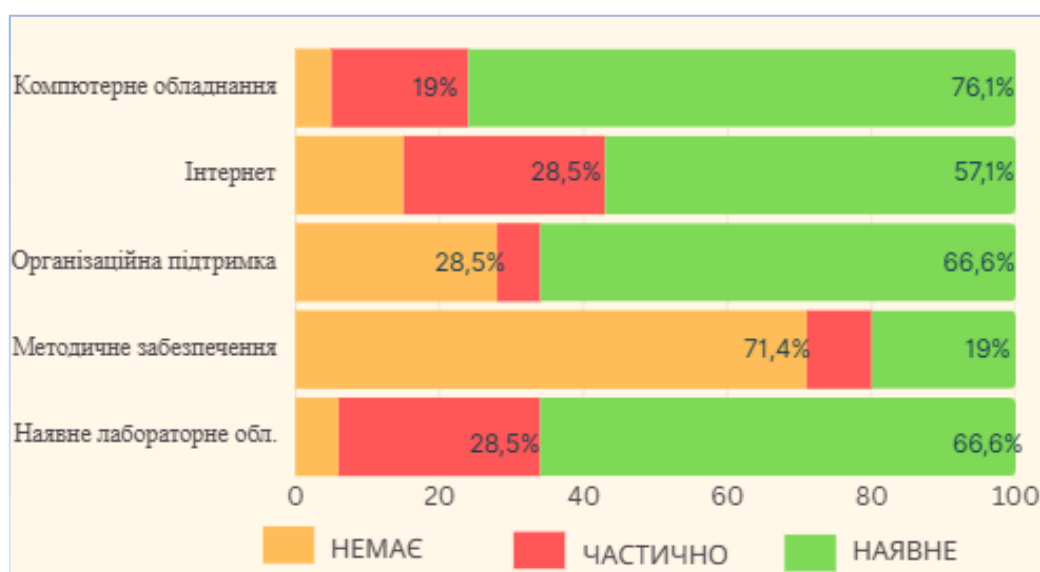


Рис. 1.5. Наявні ресурси для організації STEM-навчання.

Аналіз відповідей щодо забезпечення, яке мають школи для підтримки STEM-освіти, виявив значні проблеми. Оцінки респондентів щодо наявності необхідних ресурсів виявилися досить подібними.

Як свідчать отримані результати, в освітніх закладах існує недостатня матеріально-технічна база для повноцінного впровадження STEM-підходу. Крім того, вчителі дають посередню оцінку як організаційній підтримці з боку адміністрації, так і наявності якісних методичних матеріалів. Ці висновки підкреслюють, що успішна реалізація STEM-освіти вимагає не лише підвищення обізнаності педагогів, а й суттєвого покращення ресурсного забезпечення освітнього процесу.

У наступному запитанні вчителі могли висловити свої побажання: «Що потрібно вчителю для застосування STEM технологій?» (рис. 1.6). Учителі чітко артикулювали свої потреби для успішного впровадження STEM-освіти.

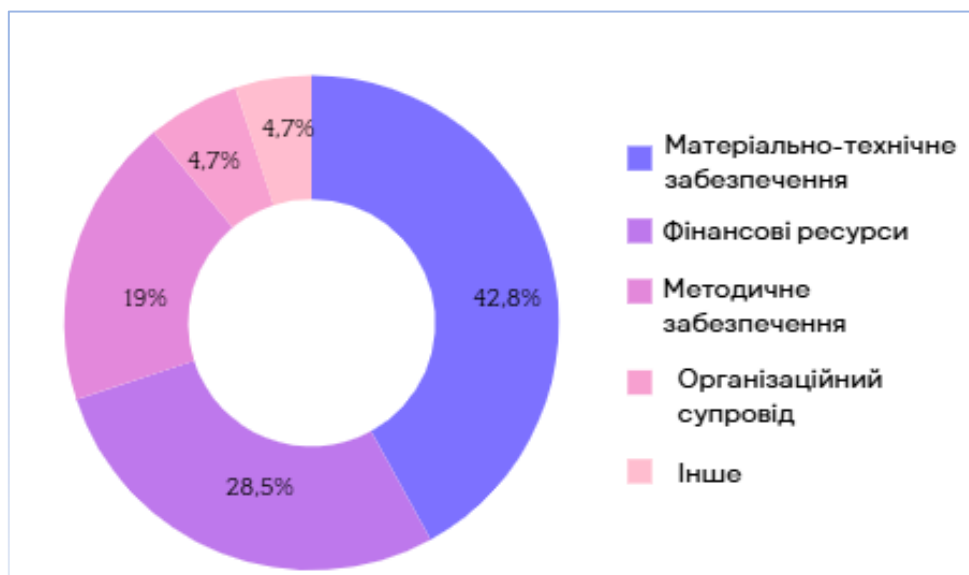


Рис. 1.6. Найбільш популярні відповіді на запитання про потреби викладачів для застосування STEM технологій.

Більшість опитаних висловилося за необхідність відновлення матеріально-технічної бази та збільшення фінансування цього напрямку. Це підтверджує раніше виявлений дефіцит ресурсів і вказує на пріоритетність інвестицій в обладнання. Водночас, значна частина викладачів також зазначила потребу в методичній та організаційній підтримці, що підкреслює важливість розробки якісних навчальних програм та алгоритмів інтеграції. Цікавим є той

факт, що одним із небагатьох, але вказаних ресурсів, якого не вистачає, респонденти назвали «Час», що є важливим індикатором високого робочого навантаження педагогів.

Наступні запитання мали на меті оцінити професійну активність самих вчителів у сфері STEM: «Чи відвідуєте Ви інтегровані заняття з різних предметів?», «Чи використовуєте STEM у своїй професійній діяльності?».

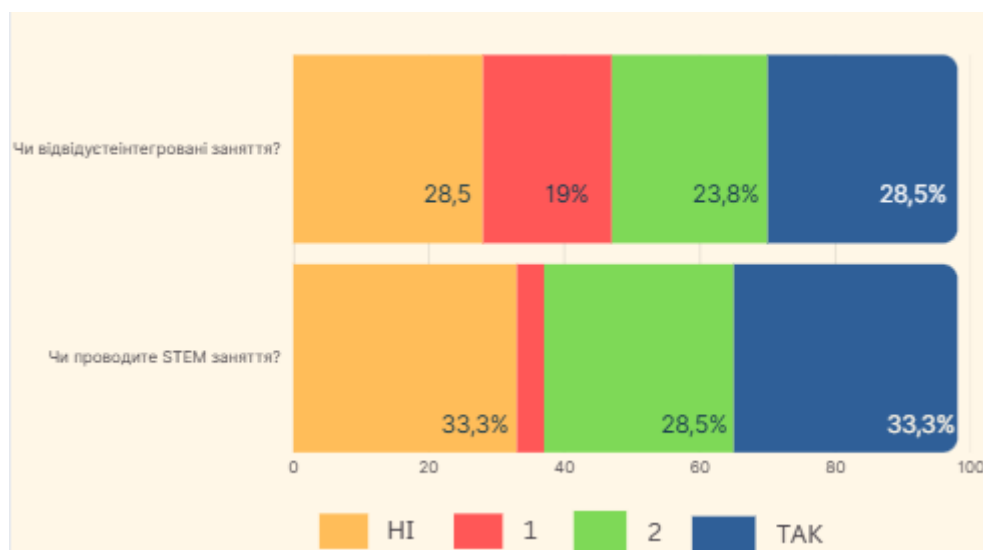


Рис. 1.7. Питання і відповіді про проведення інтегрованих занять.

Відповіді оцінювалися за шкалою від нуля («Ні») до чотирьох балів («Так»). Аналіз отриманих даних (рис. 1.7) демонструє, що більшість вчителів активно впроваджують інтегровані заняття зі своїх предметів. Це свідчить про високу мотивацію та готовність педагогів до практичної реалізації STEM-підходу, навіть попри виявлені проблеми з матеріально-технічним забезпеченням та брак часу. Попри те, що більшість вчителів стверджує, що проводить інтегровані заняття, на наступне пряме запитання: «*Чи є у Вас досвід застосування STEM у своїй професійній діяльності?*», переважна більшість респондентів відповіла негативно («Ні»).

Така суперечність у відповідях є яскравим індикатором того, що у професійній спільноті ще не сформовано повного та єдиного усвідомлення того, що являє собою STEM-освіта та які технології вважаються STEM-технологіями. Цей термінологічний розрив свідчить про новизну концепції, що призводить до плутанини між загальною міжпредметною інтеграцією та

конкретним STEM-підходом, що включає інженерний дизайн і технологічне моделювання.

Виявлена ситуація вимагає більшої уваги до формалізації понять цього освітнього напрямку та широкого ознайомлення педагогів із його основними концепціями.

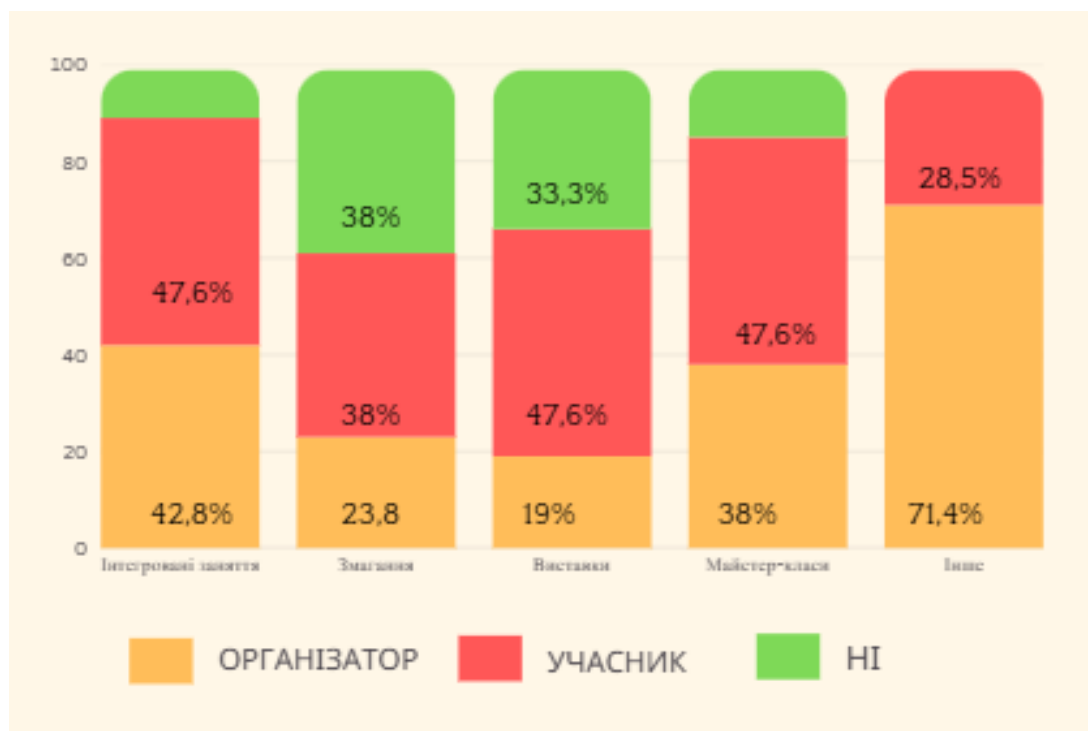


Рис. 1.8. *Відповіді на запитання щодо участі та організації заходів вчителями.*

Крім того, можливим поясненням є не усвідомлення цінності власної діяльності: вчителі можуть застосовувати елементи STEM (наприклад, дослідницьку роботу), але не зіставляти їх із загальноприйнятими світовими практиками STEM-освіти. Результати запитання «Учасником/організатором яких STEM-заходів Ви є?» переважно підтвердили цей дефіцит практичного досвіду. Відповіді були переважно негативними, що свідчить про низький ступінь залученості вчителів до активної взаємодії у рамках спеціалізованих STEM-заходів (рис. 1.8). Це добре узгоджується з результатами попереднього запитання, підкреслюючи, що вчителям бракує не лише чіткої термінології, а й майданчиків для обміну досвідом та демонстрації своїх інтегрованих практик. Відносна кількість негативних відповідей становила половину від загалу. Інша частина вчителів готові брати/беруть участь зі своїми учнями в заходах. При

цьому значна кількість має пасивну роль, тобто є учасником, а не організатором (рис. 1.9.).

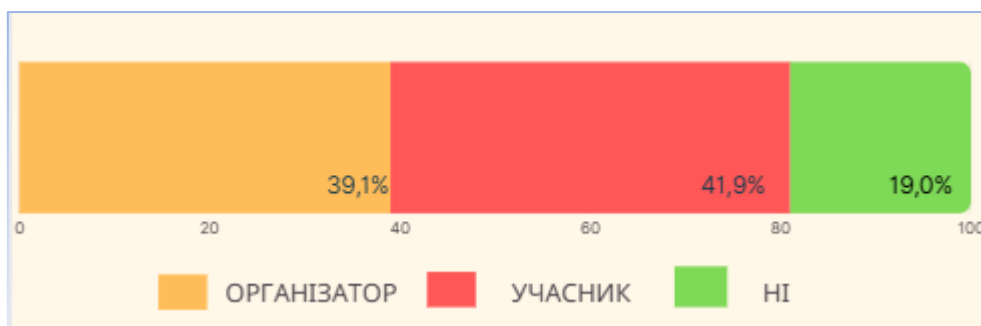


Рис. 1.9. *Відповіді на запитання про активність у відсотках.*

Відносно висока активність вчителів у проведенні інтегрованих уроків пояснюється тим, що більшість таких занять організовується як короткотривалі проєкти з паралельних або суміжних дисциплін. Це відповідає класифікації міждисциплінарних занять, які можуть бути реалізовані в межах існуючого шкільного розкладу без значних організаційних змін. Серед форм активностей, які педагоги надають перевагу, були названі кейс-уроки, майстер-класи, семінари та вебконференції.

Проведене опитування дозволило сформулювати низку ключових висновків щодо поточного стану впровадження STEM-освіти в Україні. Обізнаність про STEM-освіту серед педагогів поступово зростає, проте глибоке розуміння її фундаментальних принципів як комплексної технології та інженерного підходу залишається недостатнім. Незважаючи на те, що вчителі визнають критичну важливість співпраці у STEM та готові організовувати внутрішню взаємодію на уроках, вони частіше виступають пасивними учасниками STEM-заходів (семінари, вебінари), аніж їхніми активними організаторами чи розробниками (організаторами). Для створення активної та стійкої STEM-спільноти співпраця, інтеграція та обмін досвідом мають критичне значення. З огляду на це, для залучення майбутніх учителів та підвищення їхньої активності необхідно впроваджувати мотиваційні форми роботи (наприклад, хакатони, STEM-проєкти), які цілеспрямовано формують їхні професійні цінності та стимулюють до безперервного професійного вдосконалення.

РОЗДІЛ II. МЕТОДИКА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПРАКТИЧНИХ НАВИЧОК ЗАСОБАМИ STEM

2.1. Класифікація цифрових STEM-ресурсів та їхня дидактична роль у формуванні практичних навичок учнів на уроках біології

Використання цифрових STEM-ресурсів є ключовою умовою реалізації інтегрованого підходу в біологічній освіті. Ці ресурси, що є технологічним (Т) та математичним (М) компонентами STEM, не лише візуалізують матеріал, але й перетворюють учнів на активних суб'єктів дослідницької та інженерної діяльності.

Цифрові STEM-ресурси – це програмні та апаратні засоби, що забезпечують моделювання, обчислення та проєктування, формуючи необхідні практичні навички [75]. Їхня дидактична роль визначається функціоналом, необхідним для STEM-проєктування [74]:

- Симуляційні платформи – надання можливості для віртуального експериментування зі складними та небезпечними біологічними процесами: Phet Colorado, LabXchange, віртуальні мікроскопи;
- Проєктування та моделювання – розвиток просторового мислення через створення 3D-моделей та прототипів: Tinkercad, Blender, Scratch (для моделювання алгоритмів);
- Аналіз та обробка даних – навчання кількісному аналізу та статистичному прогнозуванню біологічних явищ: Google Sheets / MS Excel, спеціалізовані ГІС-додатки.
- Збір та фіксація даних – формування навичок польового дослідження та роботи з сучасним обладнанням: Мобільні додатки для ідентифікації (PlantNet), цифрові датчики (температури, рН).

Цифрові інструменти забезпечують формування комплексних практичних навичок, інтегруючи елементи STEM (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Приклади реалізації STEM-компонентів на уроках біології

№	STEM-компонент	Навичка, що формується	Реалізація на уроці біології
1.	Інженерія (E)	Навички проєктування та прототипування.	Учні використовують Tinkercad для створення моделі штучного органа або оптимального біофільтра, переносячи знання з анатомії чи екології у технічну площину.
2.	Технологія (T)	Навички роботи з симуляціями та алгоритмізації.	Застосування Scratch для моделювання генетичного схрещування або Phet для імітації природного добору, розвиваючи розуміння алгоритмічної природи процесів.
3.	Математика (M)	Навички кількісного та статистичного аналізу.	Використання Google Sheets для обробки даних, зібраних у польовому дослідженні (наприклад, щільність популяції), побудови графіків та прогнозування.
4.	Наука (S)	Навички експериментування та верифікації.	Використання віртуальних лабораторій (LabXchange) для проведення досліджень, які неможливі у школі, та формування навичок тестування біологічних гіпотез.

Впровадження цифрового інструментарію має високу дидактичну ефективність [73, С. 6]:

- подолання абстрактності: складні біологічні процеси (наприклад, синтез білка) стають наочними завдяки 3D-моделям і анімаціям;
- підвищення мотивації: інтерактивний формат роботи (гра, моделювання, проєктування) значно зрощує зацікавленість учнів до природничих дисциплін;
- реалізація інклюзії: цифрові інструменти та симуляції полегшують доступ до експериментальної діяльності для учнів з особливими освітніми потребами [66].

Таким чином, цифрові STEM-ресурси є системоутворюючим елементом авторської методики, забезпечуючи формування комплексних, практико-

орієнтованих навичок, необхідних для успішної діяльності у технологічному світі.

2.2. Організація навчально-дослідницької діяльності учнів засобами STEM-проектування на уроках біології

Реалізація STEM-навчання може здійснюватися з використанням таких основних організаційних форм, як урок (заняття), проєкт, курс, квест; хакатон та ін., у яких діяльність вчителя та учнів здійснюється у встановленому порядку і в певному режимі (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Форми, методи та напрями реалізації STEM-освіти в навчальному процесі.

Ключовим пріоритетом сучасної освітньої установи є забезпечення належної підготовки молоді до повноцінного життя у суспільстві [73]. Проте, здобуті в закладі освіти знання не завжди гарантують успіх у майбутньому, що вимагає критичного переосмислення ефективності педагогічних практик. Важливо розрізняти форми роботи, які перетворюють учнів на пасивних «зберігачів інформації», і ті, що сприяють формуванню творчої, активної та мислячої особистості. У цьому контексті метод проєктів є педагогічною

технологією, яка зосереджена не стільки на засвоєнні фактів, скільки на практичному застосуванні набутих знань та отриманні нового досвіду. Така діяльність, організовується в колективі, що водночас сприяє засвоєнню нових способів соціальної взаємодії. Саме тому метод проєктів визнаний однією з найбільш ефективних форм освітньої діяльності сьогодення [26].

Проєкт визначається як вмотивована, цілеспрямована, добровільна, активна та творчо-дослідницька діяльність особистості. Його головна мета – розв’язання життєво важливих проблем для учня чи групи, що обов’язково завершується оформленням чіткого кінцевого продукту. По суті, проєкт є сукупністю послідовних прийомів та дій, спрямованих на досягнення встановленої мети [80].

Проєкт як освітня технологія має низку чітких ознак, що визначають його структуру та ефективність: він повинен мати конкретну мету, бути реальним і практично значущим, а також обмеженим у часі та просторі. Проєкт може бути реалізований як індивідуально, так і командою, обов’язково має бути поділений на етапи і, що критично важливо, повинен піддаватися об’єктивному оцінюванню.

Виконання проєктів є складною, самостійною діяльністю учнів, яка відбувається під керівництвом педагога-організатора. Роль педагога при цьому кардинально змінюється: він перестає бути лише носієм готових знань і перетворюється на організатора, фасилітатора та консультанта пізнавальної та дослідницької діяльності своїх вихованців. Ця зміна ролі дозволяє дітям стати активними здобувачами знань та свідомими учасниками практичної роботи.

Класифікація проєктів (рис. 2.2) є важливим інструментом для організації навчальної діяльності, оскільки дозволяє впорядкувати проєкти за ключовими ознаками. Зазвичай проєкти поділяють за чотирма основними критеріями: за характером домінуючої діяльності (наприклад, дослідницькі, творчі, практично-орієнтовані), за предметно-змістовими ознаками (монопроєкти чи міжпредметні), за кількістю учасників (індивідуальні, групові) та за тривалістю

(короткотермінові, довгострокові). Це допомагає вчителю та учням чітко визначити мету, обсяг роботи та необхідні ресурси.



Рис. 2.2. Класифікація навчальних проектів.

У педагогічній практиці проекти класифікують відповідно до основної діяльності, що в них переважає:

- **Дослідницький проект.** Спрямований на дослідження, обґрунтування гіпотези з подальшою її перевіркою та аналізом отриманих результатів. Активно використовує наукові методи: лабораторний експеримент, моделювання, соціологічне опитування, польові дослідження тощо.
- **Інформаційний проект.** Зосереджений на систематичному збиранні інформації про певний об'єкт, явище чи подію, її аналізі, узагальненні та презентації для визначеної аудиторії або через засоби масової інформації. Аналітичний звіт, база даних, публікація, доповідь.
- **Творчий проект.** Передбачає максимально вільний і нетрадиційний підхід до реалізації ідеї та оформлення результатів. Практичні вироби (декорації, макети), колективні творчі справи, художні постановки, відеоролики, виставки, власноруч виготовлені буклети, газети, журнали тощо.

➤ Рольовий (ігровий) проєкт. Базується на виконанні певних ролей учасниками та суворому дотриманні встановлених правил. Результат таких проєктів часто є непередбачуваним, оскільки він залежить від індивідуального сприйняття теми, імпровізації та взаємодії проєктантів.

➤ Практично орієнтований проєкт. Націлений на вирішення конкретних соціальних інтересів самих учасників проєкту або зовнішнього замовника. Результат заздалегідь визначений, має високу практичну застосовність і може бути впроваджений у життя колективу, закладу, міста чи держави (наприклад, розробка системи сортування сміття, створення довідника, організація акції).

Основною метою застосування проєктних технологій є розвиток пізнавальних інтересів, творчих навичок та уміння самостійно здобувати знання. Жоден інший метод не дає учням такого потужного відчуття успіху та власної значущості від результатів їхньої самостійної діяльності. Таким чином, використання проєктних технологій в освітньому процесі створює необхідні умови для всебічного розвитку особистості через організацію творчої, дослідницької роботи.

Успішне впровадження проєктної технології прямо залежить від двох ключових факторів:

1. Усвідомлення педагогом-організатором її глибокого освітнього значення.

2. Знання й чітке дотримання ними алгоритму проєктної діяльності.

Для того, щоб проєкт був ефективним освітнім інструментом, він має відповідати низці організаційних вимог:

➤ Проєкт повинен мати значущу у дослідницькому чи творчому плані проблему (завдання).

➤ Ця проблема має обов'язково вимагати інтегрованих знань та дослідницького пошуку для її розв'язання. Наприклад: дослідження екологічних проблем конкретного населеного пункту, аналіз впливу кислотних дощів на довкілля, розробка моделі місцевої флори.

- Передбачувані результати проєкту повинні мати високу практичну, теоретичну або пізнавальну значущість. Наприклад: доповідь із рекомендаціями для місцевих служб щодо екологічного стану регіону, аналіз факторів, що впливають на цей стан, та виявлення простежуваних тенденцій.
- Проєкт повинен бути реалізований як самостійна діяльність учнів (індивідуальна, парна або групова).
- Вимагається чітке структурування змістової частини проєкту із зазначенням поетапних результатів та проміжних звітів.

Для успішного запуску проєкту та забезпечення його освітньої ефективності, педагогу-організатору необхідно поставити перед собою низку ключових питань під час планування див. табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Категорії оцінювання ефективності та планування навчальних проєктів

№	Категорія	Ключові питання
1.	Мета та мотивація	Яка мета проєкту? Чи тема відповідає інтересам і запитам дітей? Наскільки новим є бачення проблеми, що пропонується учням?
2.	Оцінка успіху	Чи зможуть діти досягти успіху при виконанні проєкту? Чи буде проєкт втілений у реальному житті (практична значущість)?
3.	Навчальні результати	Які навчальні завдання слід поставити перед собою? Якими знаннями та вміннями повинні оволодіти учні в процесі роботи?
4.	Розвиток компетентностей	Чи спонукає проєкт до розвитку творчого та критичного мислення, уяви? Які ключові компетентності будуть розвинені в процесі виконання проєкту?
5.	Відповідність	Наскільки проєкт відповідає віковим та психологічним особливостям дітей?

Чіткі відповіді на ці питання дозволяють педагогу створити та організувати проєктну діяльність, яка максимально сприятиме всебічному розвитку особистості учня. Ефективна проєктна робота має бути організована відповідно до чіткого алгоритму, який забезпечує послідовність та керованість процесу: визначення кінцевого результату та освітніх завдань, вибір найбільш підходящого типу проєкту (дослідницький, творчий, практично орієнтований),

формування освітнього процесу на основі тематики проекту, створення розвивального, пізнавального та предметного середовища, необхідного для роботи, встановлення конкретних напрямків пошукової та практичної діяльності груп, запуск спільної творчої, пошукової та практичної роботи, розподіл проекту на частини та їхнє виконання (поетапні результати), оформлення та публічна презентація готового результату.

Систематичне використання методу проєктів дозволяє учням набути низки критично важливих компетентностей, необхідних для успіху в ХХІ столітті [23] (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Категорії оцінювання формування конкретних вмінь та навичок

№	Категорія навичок	Конкретні вміння учнів
1.	Організаційні	Організовувати групову роботу; планувати свою діяльність (тайм-менеджмент); розподіляти обов'язки та взаємодіяти в команді.
2.	Інформаційно-аналітичні	Використовувати різноманітні джерела інформації; аналізувати та порівнювати факти; здійснювати критичний аналіз досягнень (власних та командних).
3.	Прийняття рішень та рефлексія	Аргументувати власні судження, відстоювати власну точку зору; приймати рішення та брати на себе відповідальність за результат; оцінювати свою діяльність та діяльність інших.
4.	Презентаційні	Представляти та захищати результати своєї роботи.
5.	Особистісні	Навчатися, розвиватися і отримувати задоволення від своєї діяльності.
6.	Категорія навичок	Конкретні вміння учнів.

Таким чином, проєктна діяльність є комплексним інструментом, що забезпечує не лише засвоєння знань, а й інтенсивний розвиток ключових м'яких (soft skills) та твердих (hard skills) навичок [24]. Етапи роботи над проєктом представлені в таблиці 2.4.

Етапи роботи над проектом [24]

I підготовчо-організаційний	Вибір проблемної теми, занурення в проблему. Мотивація діяльності. Формування творчої групи. Вироблення ідей та варіантів реалізації проекту. Прогнозування результатів.
II пошуково-інформаційний	Складання ескізу. Збір і вивчення інформації. Побудова алгоритму діяльності.
III діяльнісно-практичний	Виконання практичного завдання. З'ясування незрозумілих питань. Пошукова діяльність дітей, аналізи, висновки.
IV підсумковий	Аналіз результатів діяльності. Висновки. Самооцінка. Підготовка презентацій проекту. Захист проекту.

Розглянемо принципи STEM-проектів. 1. Принцип міждисциплінарності. Під принципом міждисциплінарності розуміється такий підхід, який дозволяє вивчати навчальний матеріал, використовуючи методи, засоби, теорії, моделі та інструментарій різних галузей і наук. Застосування цього принципу дає змогу істотно змінювати глибину навчального матеріалу та обсяг досліджуваних питань, значно розширюючи можливості його практичного застосування. Приклад використання цього підходу демонструє, як STEM-проект об'єднує знання з різних сфер (рис. 2.4).

2. Принцип інтеграції. Відповідно до принципу інтеграції, застосовується поєднання різних методів та форм навчання. При вивченні навчального матеріалу можуть застосовуватися не лише традиційні лекційні чи практичні заняття, але й семінарські, дискусії, заняття-гра, екскурсії тощо. Такий підхід дозволяє залучити всіх дітей до освітнього процесу та викликати стійкий інтерес до розглядуваного питання. Крім того, під час застосування інтегрованих активних форм навчання, діти спілкуються між собою, дотримуючись певних стандартів поведінки, що сприяє їхньому соціальному розвитку.

3. Принцип доступності. Принцип доступності є критично важливим і передбачає вивчення матеріалу на такому рівні, який зможуть опанувати учні.



Рис. 2.4 Використання принципу міждисциплінарності під час виконання STEM-проекту.



Рис. 2.5 Використання принципу доступності під час виконання STEM-проекту.

Діяльність концентрується навколо питань, які є доступними, зрозумілими та цікавими учням, і повністю відповідають їхнім фізіологічним і психологічним особливостям. Приклад використання принципу доступності під час виконання STEM-проекту (рис. 2.5).

4. Принцип практичності. Під принципом практичності розуміється організація навчання на основі врахування реальних життєвих ситуацій та пошуку шляхів їхнього вирішення через опанування знань із науки, технологій, фізики та математики. Ключова ідея: учні, вирішуючи певні задачі з цих STEM-дисциплін, одночасно набувають життєвих вмінь та навичок.



Рис. 2.6 Використання принципу



Рис. 2.7 Використання принципу візуалізації

практичності під час виконання STEM-проекту.	під час виконання STEM-проекту.
--	---------------------------------

Такий підхід має подвійну перевагу: окрім набуття реальних умінь та навичок, в освітньому процесі відбувається швидше та ефективніше засвоєння матеріалу, оскільки він набуває сенсу. Знання використовуються як інструмент для вирішення прикладних завдань. Приклад використання принципу практичності під час виконання STEM-проекту демонструє, як теорія втілюється у реальне життя (рис. 2.6). Не менш важливим на основі STEM-підходу є принцип візуалізації (5). Він визначає активне застосування наочності, демонстрації, моделей та графічного представлення з метою прискорення та полегшення вивчення навчального матеріалу.

Візуалізація допомагає учням краще зрозуміти складні та абстрактні фізико-математичні концепції. Приклад використання принципу візуалізації під час виконання STEM-проекту демонструє його ефективність у практичній роботі (рис. 2.7).

Ключове правило: Логічним є їхня паралельна реалізація, але ця можливість залежить від рівня підготовленості учнів та конкретних умов проекту. Головне – завжди чітко пам'ятати про мету, що стоїть перед кожним етапом, незалежно від послідовності його виконання.

Кінцевий результат проєктної діяльності школярів може бути представлений у різноманітних форматах, що відображають дослідницький, творчий або практичний характер роботи. До найбільш поширених продуктів відносяться: Web-сайт, відеофільм, відеокліп, електронна газета, сценарій; аналіз даних соціологічного опитування, бізнес-план, пакет рекомендацій, стаття; колекція, виставка, модель, практичний виріб, колективна творча робота; казка, лист у редакцію або організацію. Для забезпечення об'єктивності та стимулювання якісної роботи, критерії оцінки якості виконання проєкту мають бути чітко визначені, нечисленні та заздалегідь повідомлені й пояснені всім учасникам. Оцінка проєктної діяльності може здійснюватися за такими ключовими критеріями див. табл. 2.5 [26].

Таблиця 2.5

Критерії оцінювання ефективності та планування навчальних проектів

№	Категорія	Критерій оцінювання
1.	Зміст та актуальність	Актуальність і значущість обраної теми; повнота розкриття теми; оригінальність вирішення проблеми.
2.	Процес та самостійність	Самостійність роботи над проектом (ступінь участі педагога); точність відповідей на запитання під час захисту.
3.	Презентація та оформлення	Якість презентації змісту проекту; ефективність використання наочних та технічних засобів.
4.	Педагогічна цінність	Навчальна значущість проекту (що нового дізналися учні); виховна значущість проекту (як проєкт вплинув на соціальні чи особистісні якості).

Використання стандартизованих критеріїв дозволяє учням краще розуміти очікування та ефективніше планувати свою роботу [27]. Проектні вміння учнів на різних етапах роботи над проектом представлено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Категорії та набуті вміння учнів у процесі проєктної діяльності

№	Категорія навичок	Набуті вміння
1.	Планування та самостійність	Планувати свою роботу; Самостійно відбирати і накопичувати матеріал.
2.	Аналіз та критичне мислення	Використовувати ряд інформаційних джерел; Аналізувати, порівнювати факти; Аргументувати власні судження.
3.	Комунікація та співпраця	Установлювати соціальні контакти та взаємодіяти в команді.
4.	Прийняття рішень та відповідальність	Приймати рішення.
5.	Продуктивність	Створювати кінцевий продукт; Презентувати роботу.
6.	Рефлексія	Оцінювати себе та інших.

Успішна реалізація проєктної діяльності в освітньому процесі залежить від дотримання низки ключових чинників, які забезпечують високу мотивацію та ефективність навчання: обов'язкове врахування вікових особливостей пізнавальних психічних процесів дітей при організації проекту, створення

сприятливих психолого-педагогічних умов, які є основою для ефективної співпраці між педагогом і учнями, забезпечення співпраці та співтворчості між усіма суб'єктами освітнього процесу: педагогом, дітьми, батьками, а інколи й усім колективом закладу, побудова освітнього процесу на логіці діяльності дитини, що має для неї особистісний сенс, а не лише на суворій логіці галузі знань. Це значно підвищує мотивацію в навчанні. Активне застосування проблемних запитань, що спонукають дітей до самостійного пошуку відповідей. Створення педагогом належним чином облаштованого середовища для самостійної творчої діяльності, де дитина має умови для відкриття нових знань, розв'язання проблем та опанування нових способів дій. Відсутність змагального елементу (конкурсу) для збереження природної пізнавальної активності, сприяння саморозвитку та зосередження на змістовій меті діяльності. Отримання учасниками проєкту задоволення від відчуття впевненості в собі, ефективного спілкування та спільного розв'язання завдань проєкту.

З точки зору дитини, проєкт – це унікальна можливість виконати щось у групі чи самостійно, максимально використовуючи власні можливості. Це діяльність, яка дає змогу виявити себе, випробувати свої сили, застосувати знання, принести реальну користь і публічно показати результат. Результат такої діяльності має чіткий практичний характер та важливе прикладне значення.

З точки зору педагога, проєктна діяльність – це освітня технологія, націлена на придбання учнями знань у тісному зв'язку з реальною життєвою практикою. Це системна організація проблемно-орієнтованого навчального пошуку, що сприяє формуванню специфічних умінь, навичок та досвіду.

Перевага методу проєктів полягає в тому, що він дозволяє відійти від традиційного навчального процесу на якісно новий рівень взаємодії: учень займає активну позицію і стає суб'єктом діяльності, керівник (педагог) перетворюється на партнера, який створює умови для прояву цієї активності.

Таким чином, STEM-підхід забезпечує цілісний розвиток учня, готуючи його не лише як носія знань, а як компетентну, творчу та соціально адаптовану особистість.

Отже, у цьому питанні були комплексно розглянуті основні принципи (міждисциплінарність, інтеграція, доступність, практичність, візуалізація) та методичні засади впровадження STEM-освіти за допомогою методу проєктів для ефективного процесу навчання.

2.3. Теоретичне обґрунтування та розробка авторської методики формування практичних навичок засобами STEM-проєктування

Ефективна інтеграція STEM-освіти в процес викладання біології вимагає не хаотичного використання окремих цифрових інструментів, а створення цілісної, методично обґрунтованої системи. Розробка авторської методики ґрунтується на необхідності подолання розриву між теоретичними знаннями учнів та їхньою здатністю застосовувати ці знання для вирішення практико-орієнтованих, реальних проблем.

Методика проєктування ґрунтується на поєднанні трьох ключових педагогічних підходів:

- Діяльнісний підхід, який забезпечує перетворення учня з пасивного отримувача інформації на активного суб'єкта навчання, який набуває навичок через власну діяльність (проєктування, моделювання, експериментування).
- Інтегративний підхід, який вимагає синтезу біологічних знань (S) з елементами інженерії (E), обчисленнями (M) та технологіями (T) навколо єдиного STEM-проєкту.
- Компетентнісний підхід, який гарантує, що кінцевим результатом навчання є не лише сума знань, а й сформовані ключові та предметні практичні навички (наприклад, навички збору та аналізу даних, розробки гіпотез, моделювання).

Запропонована нами методика працює як безперервний цикл проєктування та дослідження, де кожен із чотирьох STEM-компонентів виконує свою унікальну роль у процесі вирішення реальної біологічної проблеми. Мета – навчити учнів не просто знати біологічні факти, а використовувати їх для створення корисного рішення.

Початковий етап методики: «Наука (S): Постановка проблеми та гіпотеза дослідження». Учні визначають реальну проблему, пов'язану з біологією (наприклад, *потреба у швидкій діагностиці, очищення води, оптимізація росту рослин*). Вони збирають інформацію, аналізують наукові джерела та формують гіпотезу (наприклад, «Біофільтр на основі активованого вугілля та моху краще очищує воду, ніж традиційний піщаний фільтр»). Як результат чітко сформульована наукова мета і гіпотеза проєкту.

Другий етап «Інженерія (E): Проєктування рішення». На цьому етапі учні перетворюються на інженерів-винахідників. На основі біологічних знань учні розробляють концепцію та дизайн рішення. Вони креслять схеми, створюють цифрові або фізичні моделі (прототипи) необхідного пристрою чи системи (наприклад, проєктують оптимальну конструкцію біофільтра з урахуванням законів гідродинаміки та біології мікроорганізмів). Як результат технічне завдання, креслення або 3D-модель прототипу.

Третій етап «Технологія (T): Реалізація та моделювання». Тут використовуються сучасні цифрові інструменти для реалізації або тестування ідеї. Учні використовують програмне забезпечення для: моделювання біологічних процесів (генетика в Scratch, екологія в симуляторах), прототипування (створення моделі штучного органа у Tinkercad), збір даних (підключення цифрових датчиків, наприклад, рН-метрів, до мікроконтролерів). Як результат: працюючий прототип (наприклад, біофільтр) або функціональна цифрова симуляція.

Четвертий етап «Математика (M): Аналіз та верифікація». Це етап доведення ефективності або спростування гіпотези за допомогою точних розрахунків. Учні збирають кількісні дані (наприклад, вимірюють рівень

забруднення води до і після фільтрації). Вони обробляють дані за допомогою електронних таблиць (Google Sheets, Excel), проводять статистичний аналіз, будують графіки та роблять висновки про ефективність свого інженерного рішення. Як результат: оброблені дані, статистичні звіти та обґрунтований висновок щодо гіпотези.

Фінальний етап: рефлексія та презентація, що формує комунікативні навички. Учні презентують свій продукт, пояснюють наукові принципи його роботи, демонструють конструкцію, технології та результати аналізу. Вони обговорюють, що можна покращити – це повертає їх до початку циклу, забезпечуючи безперервний розвиток.

Таким чином, дана методика об'єднує теорію з практикою, формуючи у дітей комплексні навички 21-го століття: командну роботу, креативність, критичне мислення та розв'язання проблем і практичні навички.



Рис.2.3. Модель формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти.

Практичні навички, які формуються під час реалізації дослідження:

➤ навичка експериментування: планування, організація та проведення біологічних експериментів та польових досліджень (наприклад, збір зразків води, ґрунту, фіксація даних про поведінку тварин);

- верифікація гіпотез: здатність формулювати гіпотези та розробляти методики для їхнього підтвердження або спростування;
- навичка спостереження: точна фіксація біологічних явищ та процесів (працювати з об'єктами за допомогою мікроскопа, у природних умовах);
- робота з лабораторним обладнанням: вміння правильно використовувати мікроскопи, вимірювальні прилади, хімічний посуд та біологічні реактиви.

Розроблена методика базується на наступних дидактичних *принципах*, що забезпечують її ефективність:

- принцип гнучкості: кожен проєкт передбачає цикл спроб, помилок і вдосконалення (цикл «розробка – тестування – оптимізація»), що імітує реальний інженерний процес;
- принцип відкритості: завдання формулюється як проблема, що не має єдиного правильного рішення, стимулюючи креативність та пошук альтернативних шляхів;
- принцип цифрової інструменталізації: на кожному етапі проєктування передбачається обов'язкове використання цифрових засобів (симуляцій, 3D-моделювання, програмування) для візуалізації та перевірки біологічних гіпотез.

Приклад конкретного проєкту з зоології наведено у додатках (біологія тварин), який можна реалізувати за описаною STEM-методикою (Додаток Д). Цей проєкт дозволяє учням глибоко вивчити зоологію (поведінку та екологію птахів) через призму інженерії, технологій та математичного аналізу.

Щоб методика формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти повноцінно запрацювала, необхідне одночасне дотримання чотирьох ключових умов:

Перша умова: педагогічна компетентність та співпраця. Вчителі повинні володіти не лише біологічними знаннями, але й базовими навичками програмування та статистичного аналізу, а також бути готовими до

міжпредметної співпраці. Вчитель виступає як фасилітатор і консультант, а не лектор. Для реалізації STEM-проектів необхідна кооперація вчителів (біологія + інформатика + математика) для забезпечення повноцінної інтеграції всіх чотирьох компонентів.

Друга умова: ресурсне та технічне забезпечення. Наявність мінімально необхідної технічної бази та цифрових інструментів для практичної роботи.

Третя умова: організаційно-методична гнучкість. Зміна традиційного розкладу уроків на користь блокованого навчання або інтеграції проєктної діяльності в навчальний план. STEM-проекти вимагають тривалого часу для досліджень, прототипування та тестування. Необхідно виділяти спарені уроки або організовувати проєктні тижні/дні, щоб учні могли послідовно пройти весь цикл.

Четверта педагогічна умова: система комплексного оцінювання. Запровадження чітких критеріїв оцінювання, які вимірюють не лише теоретичні знання, але й процес та практичні навички. Оцінювання має бути пропрацьованим (оцінка командної роботи, ведення щоденника проєкту) та підсумковим (захист проєкту, функціональність прототипу, точність аналізу даних). Це стимулює учнів до систематичної роботи на всіх етапах циклу.

Розроблена методика забезпечує системний підхід до формування практичних навичок, інтегруючи елементи STEM-освіти в цілісний навчальний процес. Її ефективність буде перевірена у третьому розділі роботи. Успіх впровадження методики STEM-проекткування залежить від її гнучкої інтеграції в освітній процес.

Розроблена методика передбачає застосування проєктної діяльності у різних організаційних формах, що забезпечує її універсальність та відповідність навчальному плану, а саме:

- урочна форма (фрагментарне застосування). Використання STEM-засобів та елементів проєктного циклу (наприклад, моделювання, тестування гіпотези) на окремих етапах уроку біології (наприклад, під час вивчення теми

«Будова клітини» – 3D-моделювання, або «Еволюція» – симуляція природного добору) (Додаток В, Додаток Е);

- урочно-проектна форма (міжпредметна інтеграція): Проведення інтегрованих уроків (Біологія + Інформатика, Біологія + Математика), де STEM-проект є основним завданням (Додаток Ж). Це дозволяє присвятити більше часу на повний цикл інженерного проектування;

- позаурочна форма (повний цикл проекту): реалізація великих, довгострокових, науково-дослідних проєктів (наприклад, «Моніторинг біорізноманіття мікрорайону»), що вимагають тривалого часу на збір даних, обробку та презентацію (Додаток Г, Додаток Д).

Конкретні приклади застосування методики на уроках біології за класами подано у Додатках (Додаток Е).

Отже, STEM-проектування не є просто додатковим елементом, а систематичним засобом формування цільових практичних навичок, необхідних для успішної діяльності у технологічному середовищі. Вона демонструє, як інтеграція STEM-компонентів надає теоретичному біологічному матеріалу практичної значущості.

Об'єктивне оцінювання рівня сформованості практичних навичок є критично важливим етапом будь-якого педагогічного дослідження, особливо в контексті впровадження інноваційних методик, таких як STEM-освіта. На відміну від оцінки теоретичних знань, яка є переважно репродуктивною, оцінка практичних навичок вимагає багатоаспектного підходу, що охоплює як сам процес діяльності, так і її кінцевий продукт.

Оцінювання практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти повинно охоплювати три інтегровані компоненти, які відображають весь цикл науково-дослідницької діяльності: від планування до аналізу. Нами виділено наступні *критерії*: когнітивно-процедурний, операційно-діяльнісний, аналітично-рефлексивний. Когнітивно-процедурний (планування та осмислення) критерій відображає ступінь усвідомлення учнем мети роботи, її теоретичного підґрунтя та здатності до планування (табл. 2.7). У

контексті STEM це означає не лише знання біологічних термінів, а й розуміння інженерного циклу.

Таблиця 2.7

Критерії та показники оцінювання когнітивно-процедурного критерію STEM-проєкту

№	Категорія	Показники оцінювання	Суть показника
1.	Осмислення завдання	Чіткість формулювання мети та гіпотези.	Здатність сформулювати, що саме буде досліджуватися, і яке біологічне або інженерне рішення очікується.
2.	Підготовчий етап	Правильність вибору та підготовки інструментів.	Коректний відбір лабораторного обладнання, реактивів, а також правильне програмування чи налаштування цифрових STEM-інструментів (датчики, мікрокомп'ютери).
3.	Знання послідовності	Володіння алгоритмом виконання роботи.	Розуміння необхідної логічної послідовності кроків, зокрема, де і як інтегрується технологічний чи інженерний етап.

Операційно-діяльнісний (виконання та точність) критерій є основним у традиційному оцінюванні, але в STEM-освіті він розширюється, включаючи роботу з інноваційним обладнанням (табл. 2.8). Він оцінює ефективність безпосереднього виконання практичних дій.

Таблиця 2.8

Критерії та показники оцінювання операційно-діяльнісного критерію STEM-проєкту

№	Категорія	Показники оцінювання	Суть показника
1.	Якість дій	Послідовність та дотримання інструкцій.	Чітке слідування розробленому плану, відсутність зайвих маніпуляцій.
2.	Технічна майстерність	Точність вимірювань та виготовлення.	Мінімальна похибка при роботі з вимірювальними приладами (мікроскоп, рН-метр, датчики) або якість

			виготовлення інженерної моделі (наприклад, 3D-моделі).
3.	Ергономіка та безпека	Раціональне використання часу та дотримання ТБ.	Організація робочого місця, економне використання матеріалів та неухильне дотримання правил техніки безпеки при роботі з біологічними матеріалами та електричними пристроями.

Аналітично-рефлексивний (узагальнення та оцінка) критерій є найважливішим у STEM-підході, оскільки він оцінює здатність учня до наукового мислення, інтерпретації та критичної оцінки результатів (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Критерії та показники оцінювання аналітично-рефлексивного критерію STEM-проєкту

№	Категорія	Показники оцінювання	Суть показника
1.	Обробка результатів	Повнота та коректність фіксації даних.	Грамотне оформлення результатів у вигляді таблиць, графіків, схем.
2.	Інтерпретація	Здатність до аналізу та встановлення зв'язків.	Встановлення причинно-наслідкових зв'язків між умовами експерименту та отриманим результатом, пояснення біологічної суті процесу.
3.	Висновок та критика	Обґрунтованість висновку та рефлексія.	Чітке підтвердження або спростування початкової гіпотези, а також критична оцінка власної роботи (наприклад, виявлення можливих джерел похибок у STEM-моделі та пропозиції щодо її вдосконалення).

Впровадження STEM-освіти вимагає переходу від бінарної системи оцінювання («зроблено/не зроблено») до інтегрованої багаторівневої шкали. Запропоновані критерії та показники забезпечують комплексний підхід, який дозволяє оцінити не лише механічне виконання дії, але й рівень сформованості ключових компетентностей:

- Когнітивна компетентність (через когнітивно-процедурний критерій).
- Діяльнісна компетентність (через операційно-діяльнісний критерій).
- Науково-дослідницька компетентність (через аналітично-рефлексивний критерій).

Таким чином, оцінювання практичних навичок за цими критеріями дозволяє об'єктивно визначити, наскільки успішно учень трансформував теоретичні знання в практичні вміння, а також розвинув навички, необхідні для вирішення реальних, комплексних задач.

Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ МЕТОДИКИ

3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту

Дослідження ефективності розробленої методики використання STEM-технологій при вивченні біології в середній школі є ключовим етапом кваліфікаційної роботи. Теоретичне обґрунтування інноваційного підходу, його відповідність світовим трендам та міждисциплінарна сутність потребують емпіричного підтвердження.

Саме тому, для доведення практичної ефективності запропонованої методики, було організовано та проведено педагогічний експеримент. Експериментальне дослідження базувалося на класичній методології порівняльного аналізу результатів у контрольній та експериментальній групах і складалося з трьох послідовних етапів: констатувального, формувального та контрольного.

Метою експерименту стало довести ефективність розробленої STEM-методики для формування практичних навичок учнів на уроках біології порівняно з традиційним підходом.

Завдання:

- Діагностувати вихідний рівень сформованості практичних навичок у групі учнів.
- Апробувати розроблену STEM-методику в експериментальній групі.
- Провести повторну діагностику та порівняти кінцеві результати обох груп.
- Розробити рекомендації для вчителів щодо інтеграції STEM у викладання біології.

Експериментальне дослідження з використання STEM-технологій проводилося на уроках біології протягом проходження педагогічної практики 2024-2025 навчального року на базі Бутинського ліцею Вишнівецької селищної

ради. В дослідженні брали участь 17 учнів 7-го класу.

Експериментальне дослідження складалося із трьох етапів.

I етап (2024) – констатувальний. Мета якого встановити початковий рівень академічних знань, сформованості STEM-компетентностей (дослідницьких) та рівень мотивації учнів до початку формувального впливу. На даному етапі експерименту було здійснено наступні кроки:

I етап – вивчення думки вчителів стосовно необхідності та можливості формування практичних умінь під час вивчення біології засобами STEM.

Завдання, які при цьому ставились:

- узагальнити наукову літературу з педагогіки, психології та нормативну документацію, пов'язану з біологічною підготовкою учнів;
- визначити, чи вчителі ставлять за мету формування практичних умінь під час вивчення біології засобами STEM;
- з'ясувати, якими засобами в школярів формується мотивація до навчання.

II етап – діагностика рівня сформованості в школярів мотивації до навчання і практичних навичок.

II етап (2024) – формувальний. На цьому етапі була розроблена методика впровадження STEM-технологій, що включає такі ключові компоненти:

✓ Мотиваційно-цільовий компонент. На цьому етапі було визначено мета та ціль впровадження STEM-технологій в освітньому процесі. Мета полягала в стимулюванні інтересу учнів до науки та технологій, а також підвищенні їхньої мотивації до навчання.

✓ Змістовно-результативний компонент. Підсумовано та визначено конкретний зміст програми, який включає в себе наукові і технологічні аспекти. Також визначено показники, за якими можна виміряти успішність впровадження STEM-технологій, мотивацію та практичні вміння учнів.

III етап (2025) – контрольний. Мета даного етапу експерименту полягала в проведенні перевірки ефективності методики на уроках біології, аналіз рівня сформованості практичних навичок. Повторне анкетування для

вимірювання змін у пізнавальному інтересі та готовності учнів обрати STEM-професії. Підсумкове тестування (аналогічне констатувальному) для виявлення приросту академічної успішності.

Під час експерименту на уроках біології з учнями експериментальної групи були активно впроваджені різноманітні форми та методи STEM. Це включало: використання інноваційних педагогічних підходів, таких як STEM-моделювання; застосування інтерактивних вправ; проведення практичних лабораторних робіт і проєктів. Основною метою було залучення учнів до активного навчання та заохочення їхньої пізнавальної діяльності, що сприяло створенню позитивної навчальної атмосфери та підвищенню активності школярів на уроках. Нами виділено рівні сформованості мотивації учнів, а саме: високий, достатній і низький (Табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Рівень сформованості мотивації учнів

Рівень сформованості	Основна характеристика критеріїв рівнів
I. Низький рівень	За такого рівня учень відповідає фрагментарно, користується загальними уявленнями про предмет вивчення
II. Достатній рівень	Характерним для цього рівня є те, що учень: • знає істотні ознаки понять, явищ, зв'язки між ними, основні закономірності; • самостійно застосовує знання в стандартних ситуаціях, виконує розумові операції (аналіз, абстрагування, узагальнення тощо); • виправляє допущені помилки; • вміє робити висновки; Відповідь учня правильна, логічна, обґрунтована, але без власних суджень.
III. Високий рівень	Ознакою високого рівня досягнень учня є глибокі, міцні, системні знання. Він уміє застосовувати отримані знання для виконання творчих завдань, самостійно оцінювати різноманітні ситуації, явища, факти, виявляти і обстоювати особисту позицію. Кожний наступний рівень вимог вбирає в себе вимоги до попереднього, а також додає нові.

Проведення експерименту здійснювалося відповідно до чинних методологічних рекомендацій щодо організації педагогічного дослідження. Для з'ясування ефективності моделі впровадження STEM-технологій на уроках біології визначалися ключові показники: рівень сформованості практичних навичок і рівень навчальної мотивації. Для цього була розроблена та проведена анонімна анкета для учнів 7-го класу (Додаток А).

На початковому етапі дослідження було зосереджено на вивченні поточної шкільної практики використання STEM-технологій на уроках біології. Дослідження проводилося у 2024 році в Бутинському ліцеї Вишнівецької селищної ради. У педагогічному експерименті взяли участь 17 учнів 7-го класу. Учасники пройшли анкетування двічі: до експерименту і після. Учні вивчали біологію з активним використанням STEM-технологій, зокрема STEM-моделювання.

Результати анкетування (рис. 3.1) виявили необхідність впровадження нових підходів для підвищення зацікавленості учнів: 58,8% (10) учнів не цікавляться біологією взагалі, лише 17,6% (3 учні) виявляють інтерес до біології, 5,8% (1 учень) хоче пов'язати своє життя з біологією,

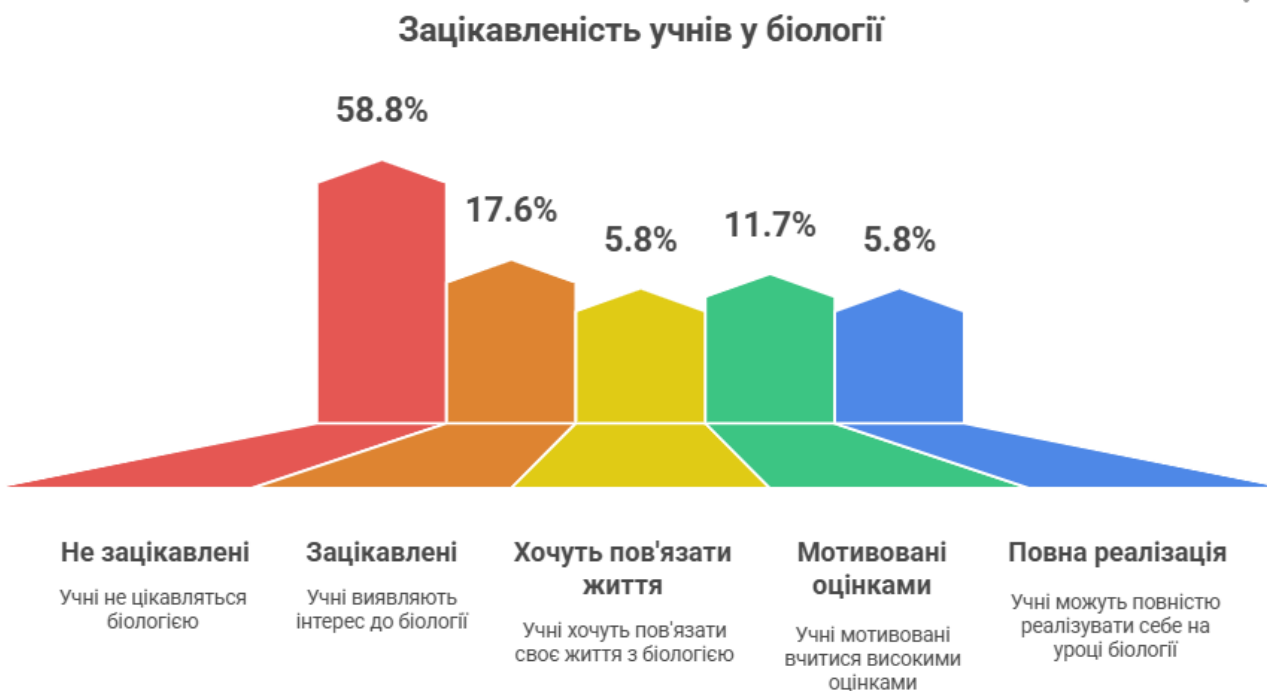


Рис. 3.1. Результати анкетування учнів.

11,7% (2) учнів мотивують вчитися високі оцінки, лише 5,8% можуть себе повністю реалізувати на уроці біології, учні отримують найбільший інтерес від тих уроків, які проводяться нестандартними методами. Ці дані підтвердили гіпотезу про низький рівень залученості та інтересу, що стало підставою для впровадження STEM-технологій. На запитання «Чи бачите Ви зв'язок між біологією та Вашим повсякденним життям?» 9 учнів відповіли «так», а інші – «ні». На запитання «Чи хотіли б Ви, щоб на уроках було більше практичних робіт та проєктів?» 12 учнів дали відповідь «так», інші – «ні». На запитання «Чи допомагає вивчення біології Вам у вивченні інших предметів (фізика, хімія, математика)?» 7 учнів дали відповідь «так». На запитання «Чи згодні Ви з тим, що біологію потрібно вивчати через досліди та створення моделей?»: «так» дали відповідь 12, а відповідь «ні» дали 5 учнів %.

На початку експерименту ми визначили рівень мотивації навчальної діяльності учнів без використання STEM-технологій, дані представлено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Рівень мотивації навчальної діяльності учнів без використання
STEM-технологій (констатувальний зріз)**

Рівень мотивації	Початковий етап	
	Кількість учнів	%
Високий рівень	6	35,3
Достатній рівень	6	35,3
Низький рівень	5	29,4

Провівши початковий етап було визначено, що загальний рівень навчальної мотивації знаходився переважно на високому і достатньому рівні. Близько третини учнів мають високу внутрішню мотивацію, також третина учнів на задовільному рівні, проте майже третина учнів (кожен третій) мала низьку мотивацію, що вказувало на необхідність втручання. І 4 (23,5%) учні мають негативне ставлення до школи. Отже, група розділена майже порівну між високим, достатнім та низьким рівнями, це підтверджує актуальність

проведення формувального експерименту з метою підвищення загальної мотивації.

Також учням було запропоновано зробити самооцінку ступеня формування практичних навичок за вказаними ознаками, де учні робили ранжування навичок (3 бали – навичка сформована добре, 2 бали – сформована частково, 1 бал – сформована слабо). Учням була запропонована анкета на виявлення рівня сформованості навичок (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Результати самооцінки ступеня формування практичних навичок

Вміння	Кількість учнів	%
Готувати повідомлення	10	58,8
Вирішувати творчі задачі	6	35,3
Висувати і підтверджувати гіпотези	5	29,4
Дотримання інструкції	13	76,4
Аналізувати графіки, рисунки та діаграми	8	47,1
Проводити експерименти	9	52,9
Проведення вимірювання	9	52,9
Виконання за зразком	10	58,8
Користуватися приладами	7	41,2
Формувати висновки	8	47,1
Визначати мету і хід дослідження	6	35,2
Презентувати результати своїх досліджень	10	58,8

Аналіз показує, що самооцінка сформованості навичок учнями розподіляється нерівномірно, що цілком очікувано, оскільки навички вимагають різного рівня когнітивних зусиль:

- Навички, що мають найбільшу підтримку: це простіші, рутинні або технічні навички, які частіше використовуються на уроках.
- Навички, що мають найменшу підтримку: це складніші, аналітичні або дослідницькі (креативні) навички.

Найвищий показник «дотримання інструкції», що свідчить про високу самооцінку виконавчих здібностей та розуміння необхідності слідувати правилам. Ця навичка є основою для виконання практичних робіт. Також досить високий показник «готувати повідомлення» і «вміння користуватися

приладами», що вказує на впевненість у рутинній навчальній діяльності (збір, структурування та виклад інформації), впевненість у репродуктивних здібностях, учні легко справляються, коли мають чіткий приклад. Також високий відсоток у вміння «вміння презентувати результати своєї роботи», що підтверджує впевненість у публічних виступах (або у технічній частині презентації), що є позитивним для комунікативних навичок.

Проте є навички, які потребують розвитку «висувати і підтверджувати гіпотези», «вирішувати творчі задачі», «визначати мету і хід дослідження», «формулювати висновки», «аналізувати графіки». Низька самооцінка вказує на недостатнє розуміння або досвід роботи з науковим методом, що є головним пріоритетом для корекції, учні більше схильні працювати за шаблоном чи можуть виконувати завдання, але відчують труднощі з плануванням та усвідомленням кінцевої мети.

На основі цього констатувального зрізу можна визначити пріоритетні завдання для експериментальної методики:

1. Необхідно впровадити методики, які змушують учнів самостійно формулювати гіпотези, планувати дослідження та шукати творчі рішення (проектна діяльність, кейс-методи).
2. Важливо навчити учнів усвідомлювати зв'язок між виконанням завдання та отриманими результатами, щоб підвищити адекватність їхньої самооцінки (особливо у творчих та аналітичних завданнях).
3. Перехід від навчання «за зразком» та «за інструкцією» до самостійного визначення кроків дослідження.

3.2. Кількісний та якісний аналіз результатів формувального експерименту

Головним завданням формувального етапу експерименту була проведення перевірки ефективності методики впровадження STEM-моделювання на уроках біології. Протягом трьох місяців навчання з учнями

експериментальної групи проводилися уроки з біології, в яких систематично застосовувалися інноваційні технології та STEM-моделювання. Після завершення цього етапу було проведено детальний аналіз та обробку отриманих результатів. Цей аналіз мав вирішальне значення для формулювання обґрунтованих висновків щодо ефективності використання STEM-моделювання як засобу підвищення якості навчання біології.

Після проведення циклу уроків біології з використанням STEM-технологій було вдруге проведено опитування, повторюючи структуру попередньої анкети, здійсненої перед початком дослідження. Аналіз результатів цього повторного опитування дозволяє зробити висновок, що відбулися суттєві зміни у поглядах учнів. Помітно зросла кількість позитивних відповідей, що прямо вказує на значне покращення інтересу до предмета біологія. Це підтверджує ефективність STEM-моделювання як інструменту залучення та мотивації.

Важливо зазначити, що суттєва різниця в показниках почала спостерігатися після проведення формувального етапу – тобто, після використання STEM-технологій. Ці дані подано в таблиці 3.4 (наступний етап аналізу).

Таблиця 3.4

**Рівень мотивації навчальної діяльності учнів з використанням
STEM- технологій (порівняння)**

Рівень мотивації	Початковий етап		Контрольний етап	
	Кількість учнів	%	Кількість учнів	%
Високий рівень	6	35,3	7	41,2
Достатній рівень	6	35,3	9	52,9
Низький рівень	5	29,4	1	5,9

З результатів ми бачимо, що кількість учнів після експерименту зросла на 5,9%, що свідчить, що STEM-технології допомогли частині учнів перейти на найвищий рівень. Достатній рівень зріс на 17,6% учнів - це найбільший стрибок, більше половини учнів тепер мають достатню мотивацію. Низький

рівень знизився на 23,5% - це найбільш значущий позитивний результат, майже всі учні покинули зону низької мотивації.

Аналіз динаміки свідчить про високу ефективність використання STEM-технологій для підвищення мотивації навчальної діяльності:

- Спостерігається чітке зміщення розподілу рівнів у бік вищих показників. Якщо на початку 70,6% учнів мали достатній або високий рівень, то на контрольному етапі цей показник зріс до 94.1% (41,2% + 52,9%).
- Головна проблема (значна кількість учнів з низькою мотивацією) була практично усунена. Кількість учнів на низькому рівні скоротилася з 5 до 1.
- Результати підтверджують гіпотезу про те, що активне використання STEM-технологій (інтеграція науки, технологій, інженерії та математики, а також практичний, проєктний характер завдань) є дієвим інструментом для підвищення зацікавленості та мотивації учнів.

Отже, використання STEM-технології призвело до значного покращення емоційної та вольової складової навчальної діяльності, перевівши більшість учнів із зони низької та середньої зацікавленості у зону високої та достатньої мотивації.

Результати рівня навчальної мотивації до набуття знань наприкінці експерименту представлено на рисунку 3.2.

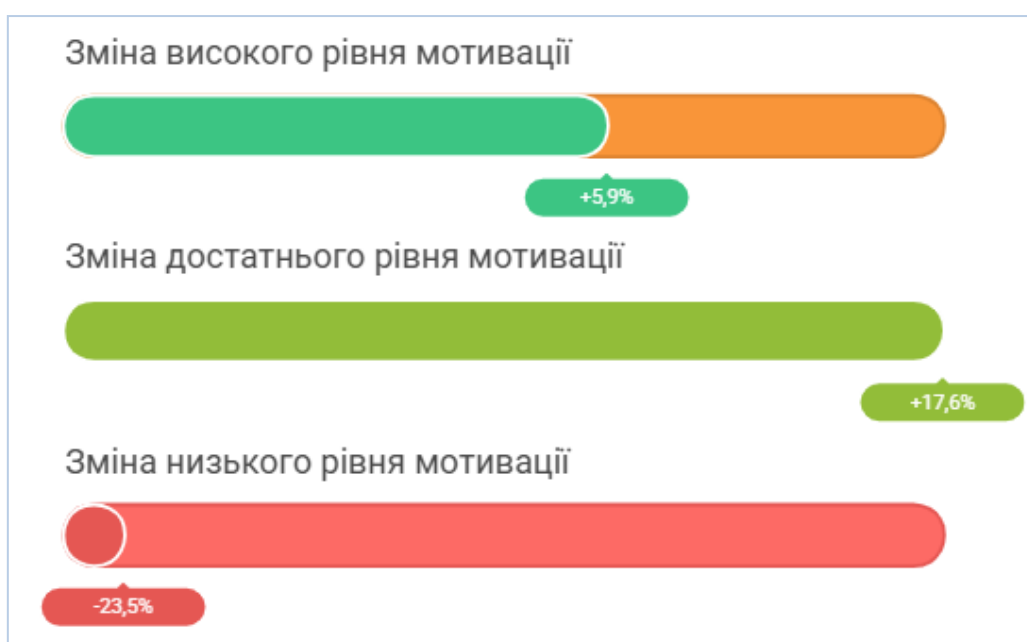


Рис. 3.2. Діаграма порівняння рівнів мотивації до набуття знань.

За результатами аналізу, представленими на діаграмі 3.2, можна спостерігати, що після тривалого тримісячного періоду експерименту відзначено вагому позитивну динаміку в галузі мотивації до навчання в експериментальній групі. Дослідження показало значне підвищення рівня мотивації учасників експерименту до рівнів, які можна охарактеризувати як достатній та навіть високі. Цей факт свідчить про те, що учні експериментальної групи створили стійку мотивацію для успішного виконання навчальних завдань.

Результати самооцінки (контрольний зріз) (табл. 3.5) учнів демонструє значну різницю між репродуктивними (виконавчими) навичками та дослідницькими (творчими) навичками. Учні (вище 75%) впевнені у навичках, що вимагають чіткого виконання інструкцій та відтворення інформації. Учні (близько 50%) менш впевнені у навичках, що вимагають самостійного планування, творчого підходу та глибокого аналізу. Понад 75% учнів вважають у себе сформованими навички, які є міцною базою для подальшого навчання.

Таблиця 3.5

**Результати самооцінки ступеня формування практичних навичок
(контрольний зріз)**

Вміння	Кількість учнів	%
Готувати повідомлення	12	70,5
Вирішувати творчі задачі	9	52,9
Висувати і підтверджувати гіпотези	9	52,9
Дотримання інструкції	14	82,3
Аналізувати графіки, рисунки та діаграми	10	58,8
Проводити експерименти	11	64,7
Проведення вимірювання	12	70,6
Виконання за зразком	15	88,2
Користуватися приладами	10	58,8
Формувати висновки	13	76,5
Визначати мету і хід дослідження	9	52,9
Презентувати результати своїх досліджень	14	82,4

Результати свідчать про високу самооцінку виконавчих та дисциплінарних здібностей, учні впевнені у своїй здатності слідувати чітким алгоритмам, підтверджують сильні репродуктивні здібності, легко відтворюють

дії та завдання за готовим шаблоном, впевненість у зборі, структуруванні та подачі інформації, що є базовою комунікативною навичкою, впевненість у демонстрації результатів роботи, що є важливим для комунікації та соціалізації. Також результати показали, що учні мають високу впевненість у здатності зчитувати та інтерпретувати візуалізовані дані і хороша самооцінка здатності до узагальнення інформації,

Навички, які отримали менше 65% учнів вважають у себе сформованими, проте вони вимагають більше самостійності та креативності, і мають стати пріоритетом для формувального етапу.

Таблиця 3.6.

**Результати самооцінки ступеня формування практичних навичок
(порівняння)**

Вміння	Початковий зріз		Контрольний зріз	
	К-сть учнів	%	К-сть учнів	%
Готувати повідомлення	10	58,8	12	70,5
Вирішувати творчі задачі	6	35,3	9	52,9
Висувати і підтверджувати гіпотези	5	29,4	9	52,9
Дотримання інструкції	13	76,4	14	82,3
Аналізувати графіки, рисунки та діаграми	8	47,1	10	58,8
Проводити експерименти	9	52,9	11	64,7
Проведення вимірювання	9	52,9	12	70,6
Виконання за зразком	10	58,8	15	88,2
Користуватися приладами	7	41,2	10	58,8
Формувати висновки	8	47,1	13	76,5
Визначати мету і хід дослідження	6	35,2	9	52,9
Презентувати результати своїх досліджень	10	58,8	14	82,4

Експеримент мав значний позитивний вплив на самооцінку учнів (табл. 3.6). Спостерігається зростання за всіма 12 критеріями. Це підтверджує, що впроваджена методика сприяла підвищенню впевненості учнів у своїх практичних здібностях.

Найбільшу динаміку зростання показали уміння «формувати висновки» та «виконання за зразком» (+29,4%), «висувати і підтверджувати гіпотези» (+23,5%) і «презентувати результати своїх досліджень» (+23,6%).

Спостерігається різкий стрибок у навичках «обробки та узагальнення інформації» («формувати висновки»), що є прямим наслідком систематичної рефлексії та аналізу результатів у рамках експерименту. Навичка «висувати і підтверджувати гіпотези», яка була найслабшою на початку (29,4%), зросла до 52,9%, перейшовши поріг 50%.

Найважливіше: усі три навички, які мали найнижчі показники на початку (менше 40%), на контрольному зрізі перетнули поріг 50%: «висувати гіпотези», «вирішувати творчі задачі», «визначати мету і хід дослідження». Це свідчить про те, що експериментальна методика успішно спрацювала на розвиток креативних та планувальних навичок, де учні відчували найбільший дефіцит.

Навички, що мали найменший приріст, – це ті, що вже мали високі показники на початку: «дотримання інструкції» (+5.9%), навичка була високою (76.4%) і досягла майже максимуму (82.3%), тому великий приріст був очікувано складним.

Отже, використання STEM-технологій у цьому контексті мало позитивний вплив на учнів, суттєво сприяючи підвищенню їхнього інтересу до вивчення біології.

Після впровадження STEM-технологій в освітній процес з біології виявлено низку позитивних тенденцій, що підтверджують ефективність інноваційного підходу: значне підвищення інтересу учнів до предмета та зростання бажання навчатися, розвиток їхньої самостійності та саморегуляції, стимулювання дослідницької активності та підвищення розуміння значення навчального матеріалу і його можливого практичного використання, учні виявили більшу активність та ентузіазм під час відвідування уроків, учні стали активніше співпрацювати, представляти власні ідеї щодо удосконалення процесу навчання біології та прагнути розширити його різноманітність.

Дослідження показало статистично значущі відмінності в показниках між експериментальною та контрольною групами, що повністю підтверджує позитивний вплив STEM-технологій на якість навчання учнів та їхню мотивацію.

3.3. Розробка практичних рекомендацій для вчителів щодо інтеграції STEM у викладання біології

Інтеграція STEM починається з перетворення теоретичного матеріалу на дослідницьке запитання або технічну проблему. Навчальний матеріал з біології має слугувати основою для практичного застосування.

Отже, важливим є сформулювати загальну схему для проведення дослідження, а саме практичні рекомендації:

- Ідентифікація проблеми: на основі поточної теми (наприклад, «Пристосування до польоту птахів» або «Екологія водойм») виділіть актуальну проблему з реального життя, яку можна розв'язати. Заохочуйте учнів визначати, що саме потребує вимірювання чи оптимізації.
- Формулювання гіпотези. Сформулюйте з учнями чітку, перевірювану гіпотезу, яка має не лише біологічне, але й кількісне обґрунтування. Це одразу прив'язує науку до математичного компоненту.
- Планування дослідження. Допоможіть учням розробити контроль та змінні в експерименті. Необхідно чітко визначити об'єкт дослідження та послідовність необхідних біологічних вимірювань.

На етапі моделювання учні використовують біологічні знання для створення або модифікації об'єкта, а саме:

- Дизайн-сесія. Наприклад, проведіть мозковий штурм, де учні пропонують технічне рішення для розв'язання біологічної проблеми (наприклад, спроектувати біофільтр для очищення води);
- Схема дослідження. Наприклад, вчіть учнів створювати ескізи та технічні креслення свого рішення. Використовуйте 3D-редактори (наприклад, Tinkercad) для віртуального прототипування, що дозволяє перевірити розміри та конструкцію до використання реальних матеріалів;
- Оптимізація та тестування. Наприклад, наголошуйте на тому, що перша версія – це лише прототип. Після тестування учні мають повернутися до дизайну для його вдосконалення (ітераційний підхід).

На етапі реалізації компоненту Технологія використовуються сучасні інструменти для збору даних та симуляції процесів.

- Цифровий збір даних. Забезпечте учням можливість працювати з цифровими датчиками (температура, рН, вологість) та мікроконтролерами (наприклад, Arduino). Це дозволяє збирати точні та безперервні дані, що є основою для якісного аналізу (М).

- Використання симуляторів. Заохочуйте використання віртуальних лабораторій (Phet, LabXchange) для моделювання складних біологічних процесів (генетика, еволюція), які неможливо провести в шкільних умовах або які потребують багато часу.

- Документація. Навчіть учнів використовувати цифрові пристрої (смартфони, планшети) для створення відео- та фотодокументації процесу, що є важливим елементом презентації.

Етап поєднання математики є критичним, оскільки він забезпечує верифікацію наукової гіпотези. Практичними рекомендаціями є:

- Організація даних. Навчіть учнів коректно структурувати зібрані дані, використовуючи електронні таблиці (Google Sheets, Excel). Це є практичною навичкою для будь-якої наукової роботи.

- Статистичний аналіз. Вимагайте обчислення середніх значень, відсоткової різниці та інших базових статистичних показників для порівняння результатів контрольних та експериментальних груп.

- Візуалізація та інтерпретація. Акцентуйте увагу на коректному побудуванні графіків та діаграм. Учні повинні вміти не просто побудувати графік, а проаналізувати його та зробити обґрунтований висновок про ефективність свого інженерного рішення, спираючись на числовий результат.

Отже, для ефективності методики необхідно робити наступні кроки:

- Командна робота. Запровадьте чіткий розподіл ролей у командах. Це розвиває відповідальність та навички співпраці.

➤ Формативне оцінювання. Застосовуйте чек-листи та рубрики для оцінки учнів на кожному етапі S-E-T-M (наприклад, оцінюйте якість креслення (E) окремо від коректності аналізу (M)).

➤ Рефлексія. Завжди завершуйте проєкт дискусією про те, які проблеми виникли, що можна було зробити інакше, та які практичні навички були набуті. Це є основою для подальшого навчання.

Для забезпечення ефективності та високого розвивального потенціалу STEAM-проєктів слід дотримуватися таких принципів: підходьте до проєктної діяльності творчо, уникаючи стереотипних та банальних рішень, орієнтуйтеся на процес пошуку та дослідження, а не лише на кінцевий результат, спрямовуйте зусилля на відкриття та розвиток індивідуальних здібностей у кожній дитині, не варто покладатися на те, що діти вже володіють певними базовими навичками і знаннями; допомагайте їм освоювати нове і заповнювати прогалини в процесі, у процесі реалізації проєкту не забувайте про виховну складову діяльності (цінності, відповідальність, етика).

Намагайтеся менше займатися прямими настановами. Допмагайте дітям діяти незалежно, уникайте прямих інструкцій щодо того, чим їм займатися, і не стримуйте ініціативи дітей. Пам'ятайте про головне правило: не робіть за дитину того, що вона може зробити самостійно. Допмагайте дітям навчитися керувати процесом власного дослідження. Навчайте дітей будувати асоціативні та причинно-наслідкові зв'язки між явищами та подіями. Привчайте до навичок оригінального вирішення проблеми, самостійним пошукам та аналізу ситуації. Використовуйте складні ситуації, які вимагають нестандартних рішень. Навчайте дітей не думкам, а роздумам. Акцент має бути на вмінні шукати інформацію, а не отримувати її в готовому вигляді. Проєктування – це діяльність, яка найкраще вчить дітей аналізувати, синтезувати, систематизувати, класифікувати та узагальнювати отриману інформацію. Не поспішайте з винесенням оцінки. Оцінюючи, пам'ятайте – краще десять разів похвалити за зусилля, ніж один раз ні за що критикувати. Мета – збереження пізнавальної активності. Проєкт є не просто завданням, а методом навчання,

який може застосовуватися як на гурткових заняттях, так і у виховній роботі. Його унікальність полягає в наступному: він орієнтований на досягнення цілей самих дітей, що робить його неповторним, він формує значну кількість навчальних і життєвих компетентностей, що гарантує його високу ефективність, він формує практичний досвід, що робить його незамінним інструментом для підготовки до життя.

Таким чином, практичні рекомендації забезпечують вчителя чітким покроковим алгоритмом для перетворення традиційного уроку біології на інтегроване, проєктно-орієнтоване заняття, сфокусоване на розвитку життєво необхідних практичних STEM-компетентностей.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено теоретичне обґрунтування та експериментальну перевірку методики формування практичних навичок учнів на уроках біології засобами STEM-освіти. Одержані результати дозволили сформулювати такі висновки:

1. Встановлено, що STEM-освіта є одним із найбільш перспективних напрямів модернізації сучасної школи, оскільки вона базується на інтеграції природничих наук, технологій, інженерії та математики. У контексті біології STEM-підхід дозволяє перейти від описового вивчення природи до дослідницько-конструкторської діяльності, що відповідає вимогам НУШ щодо формування ключових компетентностей учнів.

2. Аналіз педагогічного досвіду та результати анкетування вчителів показали, що попри високу зацікавленість інноваціями, педагоги стикаються з низкою бар'єрів: недостатньою матеріально-технічною базою, браком часу та методичних алгоритмів. Виявлено «термінологічний розрив»: вчителі часто ототожнюють STEM зі звичайною міжпредметною інтеграцією, що потребує посилення методичної підтримки.

3. Обґрунтовано, що цифрові інструменти (віртуальні лабораторії PhET, LabXchange, середовища 3D-моделювання Tinkercad) є системоутворючими елементами методики. Вони дозволяють візуалізувати складні біологічні процеси, проводити віртуальні експерименти та створювати прототипи біологічних систем. Це критично важливо для подолання абстрактності знань та формування hard skills у цифрову епоху.

4. Доведено, що провідною організаційною формою навчання є STEM-проектування, побудоване на принципах міждисциплінарності, практичності та ітераційності. На відміну від класичних проєктів, STEM-завдання вимагають від учня не лише знання фактів, а й застосування дослідницького мислення для створення конкретного продукту (моделі, приладу, схеми), що базується на математичних розрахунках та технологічних рішеннях.

5. Педагогічний експеримент, проведений на базі Бутинського ліцею, підтвердив ефективність розробленої методики. Порівняльний аналіз показав, що кількість учнів із високим та достатнім рівнем зацікавленості біологією (рівень мотивації) зросла до 94,1%, а частка учнів із низькою мотивацією скоротилася на 23,5%. При аналізі сформованості практичних навичок найбільший приріст (+29,4%) зафіксовано у вмінні самостійно формулювати висновки та висувати гіпотези. Учні стали впевненішими у вирішенні творчих завдань та презентації власних досліджень.

6. Розроблені методичні рекомендації пропонують вчителям алгоритм перетворення теоретичного матеріалу на прикладне дослідження. Акцент зміщено з репродуктивного навчання («за зразком») на самостійний пошук рішень. Впровадження такої методики сприяє не лише кращому засвоєнню біології, а й підготовці молоді до вибору професій у природничих галузях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Андрієвська В. М. Проект як засіб реалізації STEAM-освіти у початковій школі. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота. Ужгород : УжНУ «Говерла», 2017. Вип.2(41). С. 11–14.*
2. Бабич А. Використання технології BYOD у процесі навчання в основній школі. *Ukrainian Journal of Educational Studies and Information Technology. 2017. Vol. 5, № 2. С. 1–4.*
3. Балик Н.Р., Г.П. Шмигер Підходи та особливості сучасної STEM-освіти. *Фізико-математична освіта: науковий журнал. 2017. Випуск 2 (12). С. 26–30.*
4. Балик Н. Р., Шмигер Г. П., Василенко Я. П. Формування STEM-компетентностей у процесі підготовки майбутніх учителів до впровадження STEM-освіти. 2017. URL: <http://mobile.elar.fizmat.tnpu.edu.ua/bitstream/> (Дата звернення: 12.09.2025).
5. Барна М.М., Барна Л.С., Яцук Г.Ф. Навчальні заняття з біології 7–11 класи. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2011. 76 с.
6. Барна О. В., Балик Н. Р. Впровадження STEM-освіти у навчальних закладах: етапи та моделі. *STEM в освіті: проблеми і перспективи STEM-освіти та шляхи її впровадження в навчально-виховний процес.* Тернопіль, 2017. С.3-8.
7. Безуглий Д. Візуалізація як сучасна стратегія навчання. *Фізико-математична освіта. 2014. № 2. С. 5–11.*
8. Березька К.М. Моделювання та синтез складних зображень симетричної структури: дис. на здоб. наук. ст. канд. техн. наук. Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури, Львів, 1999. 156 с.
9. Биков В. Ю. Хмарні технології, ІК-аутсорсинг і нові функції ІКТ підрозділів освітніх і наукових установ. *Інформаційні технології в освіті, 2011. С. 8–23.*
10. Бондаренко А. Ю. Розвиток творчого потенціалу школярів через

науково-дослідну роботу. *Педагогічна майстерня*. 2015. №1. С. 4–11.

11. Бондаренко С. Ю. Формування в учнів ключових компетенцій у процесі науково-дослідної та проектної діяльності. *Педагогічна майстерня*. 2012. №9(21). С. 2–7.

12. Букатова О., Федорова О., Яренчук Л. Технологія дистанційного навчання природничих наук учнів загальноосвітніх навчальних закладів. *Науковий вісник МНУ імені В.О. Сухомлинського. Педагогічні науки*. 2020. № С. 29–38.

13. Білоусова Л.І., Житеньова Н.В Функціональний підхід до використання технологій візуалізацій для інтенсифікації навчального процесу. *Інформаційні технології і засоби навчання*. 2017. Том 57. № 1. С. 39–47.

14. Білошапка Н. М. Візуалізація як провідна ідея сучасного навчального процесу в умовах інформатизації світу. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки. Кропивницький: ЦДУ імені В. Винниченка*. 2017. Вип. 5. С.167–172.

15. Василяшко І. Упровадження STEM-навчання – відповідь на виклик часу. *Управління освітою*. К., 2017. № 2 (386). С. 28–31.

16. Василяшко І.П., Горбенко С.Л., Лозова О.В., Патрикеева О.О. Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017-2018 навчальний рік *Методист*. №8. 2017. С. 38–43.

17. Воловик П.М. Педагогічна технологія оцінювання ефективності нових методів навчання та виховання за допомогою непараметричних критеріїв. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика*. 2004. II. С. 8–21.

18. Галіцян О.А. Місце та роль педагогічної фасилітації в професійній діяльності сучасного вчителя : збірник наукових праць. *Науковий вісник Південноукраїнського державного педагогічного університету імені К.Д.Ушинського*. Одеса, 2008. Вип. 10-11. С. 100–103.

19. Галіцян О.А. Формування педагогічної фасилітації майбутніх учителів у процесі навчання у вищому навчальному закладі : *Наукові праці*.

Серія : Педагогіка, психологія і соціологія. Донецьк : ДВНЗ «ДонНТУ», 2009. Вип. 5(155). С. 223–227.

20. Гончаров Н.О. Професійна компетентність вчителя у системі навчання STEM. *Наукові записки Малої академії наук України. № 7. 2015. С. 141–147.*

21. Гуманюк Т.Б. Моделювання в педагогічній діяльності. *Науковий часопис НПУ ім. М.П. Драгоманова: Серія: Проблеми трудової та професійної підготовки, 2010. С.66–72.*

22. Грицай Н. Б. Методика навчання біології : навчальний посібник. Рівне : ТЗОВ «Дока центр», 2016. 272 с.

23. Державний стандарт базової і повної загальної середньої освіти: від теорії до практики (у запитаннях та відповідях). Уклад. І.С. Маркова, ВІ. Садкіна. *Математика в школах України. 2016. №27(507). С. 4–7.*

24. Діяльність вищих навчальних закладів України: гармонійний розвиток, державне регулювання та інвестиційно-інноваційне забезпечення : монографія. М. Я. Яструбський. Львів : Львівська політехніка, 2018. С. 196.

25. Елементи STEM-навчання на уроках біології як важливий чинник соціалізації учнів. URL: <https://vseosvita.ua/library/elementi-stem-navcanna-na-urokah-biologii-ak-vazlivij-cinnik-socializacii-ucniv-132510.html> (Дата звернення: 12.09.2025).

26. Жук Ю. О. Теоретико-методичні засади організації навчальної діяльності старшокласників в умовах комп'ютерно орієнтованого середовища навчання : монографія. К. : Педагогічна думка, 2017. 468 с.

27. Загальна методика навчання біології. За редакцією І. В. Мороз. Київ, Либідь, 2006, 566 с.

28. Закон України «Про освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text> (Дата звернення: 12.09.2025).

29. Кириленко С.В., Кіян О.І. Поліфункціональний урок у системі STEM освіти: теоретико-методологічні та методичні сегменти. *Рідна школа. 2016. № 4. С. 52–53.*

30. Кловак Г.Т. Основи педагогічних досліджень : навч. посіб. Чернівці: Чернігівський державний центр науковотехнічної і економічної інформації, 2003. 260 с.
31. Концепція «Нова українська школа». Інформаційний збірник МОН України. 2016. URL: <http://mon.gov.ua>. (Дата звернення: : 12.09.2025).
32. Колток Л., Іваник Н. Упровадження STEM-освіти в освітній процес нової української школи. *Науковий збірник «Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих вчених Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка*. 2020. Том 3, №27. С. 133–136.
33. Корнієнко О.Р. Про актуальність запровадження STEM-навчання в Україні. URL: <http://elenakornienko.dlogspot.com/2016/02/stem.html> (Дата звернення: 12.09.2025).
34. Корольчук М. С. Психодіагностика : навч. посіб. для студ. вищих навч. закл., Ніка-Центр, 2004. 400 с.
35. Косик В. М., Хомич Т. А., Хомич Ю. Є. Використання мобільних пристроїв та планшетів на базі ОС Android в навчальному процесі. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. № 4, 2014. С.19–21.
36. Коршунова О. В., Гущина Н. І., Василяшко І. П., Патрикєєва О. О. STEM освіта. Професійний розвиток педагога : збірник спецкурсів. К. : Видавничий дім «Освіта», 2018. 80 с.
37. Кириленко С. Поліфункціональний урок у системі STEM-освіти: теоретико-методологічні та методичні сегменти. *Рідна школа*. 2016. №4 С. 50–54.
38. Коваленко О. STEM- освіта: досвід упровадження в країнах ЄС та США. *Рідна школа*. 2016 №4 С. 46–49.
39. Концепція розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> (Дата звернення: 12.09.2025).
40. Концепція реалізації державної політики у сфері реформування

загальної середньої освіти «Нова українська школа» на період до 2029 року. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/249613934> (Дата звернення: 12.09.2025).

41. Кузьменко О. Сутність та напрямки STEM-освіти. *Наукові записки, Сер. «Проблеми методики фіз.- мат. і технол. освіти*. Час. КДПУ, 2017. Вип. 9, С. 188–190.

42. Крамаренко Т.Г. Проблеми підготовки учителя до впровадження елементів STEM-навчання математики. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип. 4(18). С. 90–95.

43. Морзе Н. В., Нанаєва Т., Омельченко Н. О. STEM в освіті : навч. посіб. Київ, ACCORD GROUP. 2018. 116 с.

44. Методичні рекомендації щодо розвитку STEM-освіти в закладах загальної середньої та позашкільної освіти у 2021/2022 навчальному році. URL: <https://imzo.gov.ua/2021/08/16/lyst-imzo-vid-11-08-2021-22-1-10-1775-metodychni-rekomendatsii-shchodo-rozvytku-stem-osvity-v-zakladakh-zahal-noi-seredn-oi-ta-pozashkil-noi-osvity-u-2021-2022-navchal-nomu-rotsi/> (Дата звернення: 12.09.2025).

45. Накази МОН України. URL: <https://imzo.gov.ua/stem-osvita/normativno-pravo...> (Дата звернення: 12.09.2025).

46. Нова українська школа. Концептуальні засади реформування середньої освіти / Міністерство освіти і науки України. 2016. С. 11–12. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/media/reforms/ukrainskashkola-compressed.pdf> (Дата звернення: 12.09.2025).

47. Оніпко В. Організація пошуково-дослідницької діяльності майбутніх учителів природничих дисциплін у підготовці до роботи у профільній школі. *Витоки педагогічної майстерності*. 2013. Вип. 11. С. 246–250.

48. Осадчий І.Г. Спрямований розвиток освітніх систем: теорія, технологія, практика: монографія. Київ: Інформавтодор. 2013. 436 с.

49. Патрикеева О. STEM-освіта: умови впровадження у навчальних закладах України. *Управління освітою*. 2017. № 1. С. 28–31.

50. Патрикєєва О.О., Лозова О.В., Горбенко С.Л. STEM-освіта: проблеми та перспективи: анотований каталог. Київ: ДНУ ІМЗО, 2021. 33 с.
51. Пінчук Є. А. Специфіка, завдання та функції сучасного університету. *Вісник Житомирського державного університету імені Івана Франка*. 2013. Вип. 3. С. 3–8.
52. План заходів щодо впровадження STEM-освіти в Україні на 2016-2018 роки. URL: <https://drive.google.com/file/d/0B3m2TqBM0APKQmc> (Дата звернення: 12.09.2025).
53. План заходів щодо реалізації Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) до 2027 року. URL: <https://surl.lulrlefkm> (Дата звернення: 12.09.2025).
54. Проект Концепції STEM-освіти в Україні URL: http://osvita.adm-km.gov.ua/wp-content/uploads/2021/09/proekt_koncepcii.pdf (Дата звернення: 12.09.2025).
55. Пойда С. А. Формування та розвиток просторової уяви учнів шляхом створення та використання 3D моделей. *Наукові праці ДонНТУ Серія “Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка”*. 2018. №2 (27), С. 80–86.
56. Поліхун Н. І., Сліпухіна І. А., Чернецький І. С. Педагогічна технологія STEM як засіб реформування освітньої системи України. *Освіта та розвиток обдарованої особистості*. 2017. №3. С. 5–9.
57. Поліхун Н. І., Постова К. Г., Сліпухіна І. А., Онопченко Г. В. Упровадження STEM-освіти в умовах інтеграції формальної і неформальної освіти обдарованих учнів: метод. реком. Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. 80 с.
58. Проценко В. І. Інтегрований підхід до загальної біологічної освіти в умовах спеціалізації навчально-виховного процесу. *Біологія*, № 1, 2005. С. 23–25.
59. Применко Л.Л. Використання технології проектів. *Педагогічна Житомищина*. 2009. №1 (49) С. 68–70.
60. Савустьяненко Т. Л., Савустьяненко А. В. Інновації на уроках

біології. Х.: ВГ «Основа», 2007. 190 с.

61. Савченко І. М. Реалізація ідей STEM-освіти Національним центром «Мала академія науки України». *Наукові записки Малої академії наук України*. 2015. № 7. С. 148 – 157.

62. Сороко Н.В., Рокоман О.Г. Функції та роль STEAM-орієнтованого освітнього середовища основної школи для розвитку STEAM-освіти. Рівненський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти: «Нова педагогічна думка», 2019. № 4 (100). С. 55–60.

63. Сороко Н.В. Чинники впливу на розвиток STEAM-орієнтованого освітнього середовища загального закладу освіти. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ-2020): V Міжнар. наук.-практ. конференції Черкаси*, 2020. С. 21–23.

64. STEM-освіта. URL: <https://imzo.gov.ua/> (Дата звернення: 15.09.2025).

65. Стратегія 2030: Україна – Learning Nation / Ukrainian Institute for the Institute for the Future. - URL: <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=rm&ogbl#inbox/FMfcgxwDrHnCMcgZbfZbrvfmcnWbMklV?projector=1> (Дата звернення: 10.09.2025).

66. Трушкова Т.С. Використання міжпредметних зв'язків для розвитку пізнавальних інтересів учнів. *Позакласна робота*. 2016. №2. С. 23–28.

67. Уряд ухвалив концепцію розвитку STEM-освіти до 2027 року URL: <https://mon.gov.ua/ua/news/uryad-uhvaliv-koncepc>. (Дата звернення: 15.09.2025).

68. Найвідоміші STEMівці світу - ТОП 10 геніїв сучасності URL: <https://toys4brain.com.ua/uk/articles-and-video/>. (Дата звернення: 17.09.2025).

69. Моргулець О. Б. Управління вищим навчальним закладом як суб'єктом ринку : монографія. К. : КНУТД, 2017. 454 с.

70. Немченко С. Г., Голік О. Б., Кривильова О. А., Лебідь О. В. Управління навчальним закладом : Підручник для магістрантів педагогічних університетів. Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2012. 516 с.

71. Хомутенко М.В. Садовий М.І., Трифонова О.М. Реалізація STEM-

освіти в умовах хмаро орієнтованого навчального середовища з фізики. STEM-освіта – проблеми та перспективи: зб. матер. II Міжнар. наук.-практ. семінару. Кропивницький, 2017. С. 112–114.

72. Хамідуліна А. М. Використання наочності під час проведення уроків біології. Київ : Біологія. 2013. №19–21. С. 33.

73. Чурута Л.В. Значення інтеграції біології з іншими науками. Інтеграція знань з предметів природничо-математичного циклу: *Проблеми та шляхи їх вирішення*: збірник матер. інтернет-семінару. Черкаси, 2012. С.5–10.

74. Шишкіна М. П. Теоретико-методичні засади формування і розвитку хмаро орієнтованого освітньо-наукового середовища вищого навчального закладу. Київ, 2016. С. 441.

75. Ягенська Г. В. Навчальні завдання як засіб реалізації компетентнісного підходу у шкільній освіті. *Компетентнісно орієнтований підхід в освіті: сучасні виклики та підходи*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конференції, 2017. Луцьк, ВІППО. С. 44–49.

76. Ягенська Г. Моделювання у процесі вивчення біології. *Педагогічний вісник Поділля*, Хмельницький ОІППО. 2019. № 2. С. 17 – 19.

77. Ягенська Г.В. Інноваційний погляд на вивчення еволюційної біології у школі: міжнародний досвід. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог нової української школи*: матер. Міжнар. наук.-практ. конференції (2021 травня 2019 р., м. Тернопіль). С. 252 – 255.

78. Taylor, P. C., & Taylor, E. Transformative STEAM education for sustainable development. *Paper presented at the Proceedings of the Science and Mathematics International Conference* Jakarta, Indonesia. 2018. № 4 P. 123-124.

79. STEAM as an Innovative Pedagogy to Enhance Teaching, Learning and Assessing. URL: <https://www.researchgate.net/publication/3493666>.

80. Georgette Yakman STEAM presentation for the World Maker Education Alliance – CEEIC Conference Nanjing & Nanning China – 17th – 19th Nov. 2016 [b46a96609202bdbef6ed0d3b797e10de4ae44ed9](https://www.researchgate.net/publication/3493666)

ДОДАТКИ

Додаток А

Анкета для викладачів

Шановні викладачі, прочитайте уважно запитання і дайте на них відповідь. Це не випробування, а спроба з Вами порадитися, дізнатись Вашу думку щодо проблеми підготовки майбутніх вчителів біології.

Блок 1: Загальна інформація:

1. Ваша основна предметна спеціалізація:

- Біологія;
- Математика;
- Фізика;
- Хімія;
- Інформатика;
- Технології (Трудове навчання);
- Інше (вказіть: _____).

2. Ваш професійний статус:

- Вчитель загальноосвітнього навчального закладу;
- Викладач університету;
- Інше.

3. Ваша стать:

- Жінка;
- Чоловік.

Блок 2: Обізнаність та розуміння STEM-підходу:

4. Оцініть свій рівень обізнаності щодо STEM-технологій за шкалою:

Оцінка	Твердження
0 балів	Вперше чую про це / Повна необізнаність
5 балів	Активно використовую STEM-технології / Найвищий рівень володіння

5. Яке поєднання чотирьох дисциплін Ви вважаєте найбільш ефективним для STEM-інтеграції? (Оберіть до 4-х)

- Математика;
- Інформатика;
- Природничі науки;
- Технології;
- Мистецтво;
- Ваш варіант _____.

6. Які три ключові характеристики найкраще описують STEM-освіту?

- Робота в команді та співпраця;
- Науково-пошукова діяльність;
- Міждисциплінарність/Інтегрованість;
- Експериментування та моделювання;
- Використання філології;
- Інше.

Блок 3: Бар'єри, потреби та освітня активність:

7. Наявність необхідної матеріально-технічної бази. Оцініть рівень організаційної та методичної підтримки з боку адміністрації вашого закладу для підтримки STEM-освіти:

№	Твердження	Оцінка (0-5)
1	Комп'ютерне обладнання	
2	Інтернет	
3	Організаційна підтримка	
4	Методичне забезпечення	
5	Наявне лабораторне обладнання	

8. Що Вам найбільше не вистачає для успішного застосування STEM-технологій?

- Відновлення матеріально-технічної бази/збільшення фінансування;
- Методична підтримка/алгоритми інтеграції;
- Час у робочому графіку;
- Якісні курси підвищення кваліфікації;
- Організаційна підтримка адміністрації;
- Інше.

9. Чи відвідуєте Ви інтегровані заняття з різних предметів?

- Ні;
- Так;
- Іноді;
- Ваш варіант.

10. Чи використовуєте STEM у своїй професійній діяльності?».

№	Твердження	Оцінка (0-5)
1	Ні	
2	1	
3	2	
4	Так	

11. Чи є у Вас досвід застосування STEM у своїй професійній діяльності?

- Ні;

- Так;
- Іноді;
- Ваш варіант.

12. Учасником/організатором, яких STEM-заходів Ви є?

- Учасник;
- Організатор;
- Ні.

13. Чи маєте Ви досвід застосування конкретних STEM-технологій (інженерний дизайн, 3D-моделювання, мікроконтролери) у своїй професійній діяльності?

- Ні;
- Так;
- Іноді;
- Ваш варіант.

14. Чи проводите Ви інтегровані заняття (з двох чи більше предметів) зі своїми учнями?

- Семінари;
- Хакатони;
- Майстер-класи;
- Ваш варіант _____

15. Яким є Ваш ступінь залученості до спеціалізованих STEM-заходів:

- Ні, не беру участі*
- Так, лише учасник (пасивна роль)*
- Так, організатор/розробник (активна роль)*
- Інше.

16. Які конкретні форми роботи Ви використовуєте для інтеграції міжпредметних знань?

- кейс-уроки
- вебконференції
- ваш варіант _____

Додаток Б

Анкета для оцінки рівня сформованості практичних навичок учнів
Шановні учні, прочитайте запитання і дайте на нього відповідь. Це не випробування Вашого розуму, а спроба дізнатись Вашу думку щодо проблеми навчання та можливостей його використання в навчальному процесі.

1. **Які зі шкільних предметів тобі найбільше подобаються?**
 - Математика;
 - Українська мова;
 - Біологія;
 - Інші _____
2. **Чи зацікавив тебе предмет біологія?**
 - Ні;
 - Так;
 - Іноді.
3. **Що тебе мотивує у вивченні біології?**
 - цікава наука;
 - експерименти;
 - Ні, шкода витратити на це час;
 Ваш варіант _____
4. **Чи мотивує тебе висока оцінка для глибшого вивчення біології?**
 - Ні;
 - Так;
 - Іноді.
5. **Які подобаються уроки: звичайні чи нестандартні?**
 - Звичайні;
 - Нестандартні;
 - Звичайні і нестандартні.

6. **Оцініть рівень своєї впевненості та вмінь щодо кожного твердження за шкалою від 1 до 5, де:**

№	Твердження (навичка)	Оцінка (1-5)
1.	Я вмію готувати мікропрепарати (тонкі зрізи, мазки) та коректно працювати з мікроскопом.	
2.	Я вмію проводити біологічні вимірювання (наприклад, вимірювати довжину, вагу об'єктів) з високою точністю.	
3.	Я вмію доглядати за об'єктами в куточку живої природи, підтримувати життєдіяльність рослин чи тварин.	
4.	Я вмію користуватися визначниками рослин чи тварин та класифікувати організми.	
5.	Я вмію формулювати наукову гіпотезу, що стосується біологічного процесу чи явища.	

1 – Ніколи не робив/не вмію
2 – Знаю в теорії, але не практикував
3 – Роблю з допомогою вчителя/інструкції
4 – Можу зробити самостійно
5 – Можу сам придумати проєкт

7.Оцініть здатність проєктувати, створювати та використовувати технологічні засоби за шкалою від 1 до 5, де:

№	Твердження (Навичка)	Оцінка (1-5)
1.	Я вмію розробляти схему або креслення пристрою/моделі, необхідної для біологічного експерименту (наприклад, теплиці, біофільтра).	
2.	Я вмію використовувати програми 3D-моделювання (наприклад, Tinkercad) для створення віртуальних прототипів.	
3.	Я вмію працювати з цифровими датчиками (температура, вологість, освітленість) та підключати їх для збору даних.	
4.	Я вмію використовувати віртуальні лабораторії та симулятори (Phet, LabXchange) для дослідження біологічних процесів.	

8. Оцініть здатність обробляти дані та робити обґрунтовані висновки:

№	Твердження (Навичка)	Оцінка (1-5)
1.	Я вмію організовувати та вносити зібрані експериментальні дані в електронні таблиці (Excel, Google Sheets).	
2.	Я вмію обчислювати базові статистичні показники (середнє значення, відхилення) для оцінки біологічних результатів.	
3.	Я вмію будувати коректні графіки та діаграми і обирати найбільш інформативний тип графіка.	
4.	Я вмію аналізувати графічні дані та робити висновки про ефективність рішення чи тенденцію біологічного процесу.	

9. Цей розділ оцінює навички, необхідні для командної роботи та презентації результатів:

№	Твердження (Навичка)	Оцінка (1-5)
1.	Я вмію ефективно працювати у команді та розподіляти ролі відповідно до завдання проєкту.	
2.	Я вмію чітко та аргументовано презентувати результати свого проєкту, використовуючи візуальні матеріали.	
3.	Я вмію критично оцінювати свій проєкт і пропонувати шляхи його вдосконалення (рефлексія).	

Додаток В
Каталог Інтернет-ресурсів для STEM-освіти вчителям біології

№	Ресурси	Посилання	Характеристика
1.	<u>НАСА пошук STEM-ресурсів</u>	https://www.nasa.gov/learning-resources/search/	Пошук STEM – ресурсів на сайті НАСА. Окрім звичайного пошуку за назвою чи тематикою є багато додаткових фільтрів для кращої деталізації.
2.	<u>Створення анімації та ігор</u>	https://scratch.mit.edu/	Ресурс для вчителів чи батьків з можливостями створення ігор, анімації, мініпроектів. Є також розміщені й розробки інших для вивчення та застосування на практиці, але слід звертати увагу на побажання авторів щодо використання їхнього матеріалу.
3.	<u>Уроки, проекти з біології</u>	https://urok.osvita.ua/biology/	Розміщені розробки уроків, проектів та презентацій з біології в т.ч. й STEM
4.	<u>Кращі STEM-уроки</u>	https://stem-lessons.info/krashhi-stem-uroki/	Розміщені STEM-уроки які вигравали конкурс у 2018 – 2022 рр., в т.ч. й з біології.
5.	<u>Tinkercad-Андроїд</u> <u>Tinkercad-Віндовс</u>	https://www.tinkercad.com/login	Додаток та он-лайн сервіс для створення 3Д-проектів, схем, кодових блоків, рухомих проектів та симуляцій, та автоматизованих розробок. Після нескладної реєстрації, як вчителя, в основному кабінеті можна буде вести роботу онлайн як з комп'ютера, так і з мобільного гаджета. Учні можуть також мати власні особисті кабінети після реєстрації.
6	<u>Презентації з біології</u>	https://gdz4you.com/prezentaciyi/biologiya/	Понад 1800 презентації для вчителів біології. В т.ч. й інтерактивні.
7.	<u>Збірка уроків та проектів</u>	https://www.teachengineering.org/populartopics	Збірка уроків та проектів STEM. У розробках використано різні STEM-технології для вивчення в т.ч. й біології.
8.	<u>STEM-експерименти</u>	http://steamexperiments.com/	Збірка експериментів на різну тематику, в т.ч. й біологічну. Кожен експеримент детально описаний,

			навіть до його приблизної вартості (в умовах ЄС). На жаль, пошук працює тільки англійською мовою і лише за тематикою чи назвою експерименту.
9.	Інтерактивна людина	https://www.labxchange.org/library/items/lb:LabXchange:e40b2431:lx_simulation:1?fullscreen=true	У проєкті представлена розробка тіла людини з багатьма налаштуваннями. Кожну систему можна розглядати окремо. Цей проєкт взятий, як найяскравіший, окрім нього є ще багато інших на даному ресурсі, присутня також зручна система пошуку.
10	Лупа з телефона	https://play.google.com/store/apps/details?id=mmapps.mobile.magnifier	Додаток для андроїд-гаджетів для збільшення із великою кратністю об'єктів.
11	Мікросвіт	https://myscope-explore.org/resources.html	Ресурси для кращого вивчення мікросвіту. Серйозна колекція відео з якісних електронних мікроскопів, яку можна використовувати в освітній роботі.
12	Симуляції біологічних процесів	https://phet.colorado.edu/uk/simulations/filter?subjects=biology&type=html	Розміщено симуляції біологічних та пов'язаних з вивченням біології процесів, де окрім відеоряду існує ще й інтерактивна частина, в якій, за бажанням, учні зможуть взяти участь.
13	Наукові закуски	https://www.exploratorium.edu/snacks/subject/biology	Збірка недорогих, перевірених вчителем на практиці (за твердженнями автора) STEM-проєктів, зокрема і з біології. Потрібно ввести посилання вручну: https://www.exploratorium.edu/snacks/subject/biology
14	STEM-ресурси	https://www.stem.org.uk/resources/search?f%5B0%5D=field_subject%3A67	Розміщено понад 10000 різних STEM-матеріалів, зокрема і з біології. Зручна система пошуку, досить багато фільтрів, а також розділ матеріалів за віковими показниками.
15	Наука Боба	https://sciencebob.com	Збірка цікавих та веселих експериментів, проєктів із залученням STEM-технологій.

Додаток Г

Приклади інтегрованих STEM-завдань

1. **«Очищення стічних вод: біофільтр»** - розробити, сконструювати та протестувати багаторівневу систему біофільтрації для очищення побутових або акваріумних стічних вод. **S (Біологія/Хімія):** Вивчення ролі мікроорганізмів у розкладанні органіки; аналіз рН та хімічного складу води до і після фільтрації. **T (Технології):** Використання датчиків рН та провідності. **E (Інженерія):** Проектування шарів фільтра (пісок, гравій, вугілля, рослини) для максимальної ефективності потоку. **M (Математика):** Розрахунок швидкості потоку, об'єму фільтраційних матеріалів.

2. **«Електростанція з ґрунту: мікробний паливний елемент»** Сконструювати простий мікробний паливний елемент (MFC) з органічних матеріалів (ґрунт, вода, бактерії) і виміряти вироблену електричну напругу. **S (Біологія):** Вивчення анаеробного дихання, ролі ґрунтових бактерій (електрогенні мікроорганізми). **S (Фізика):** Розуміння принципів роботи гальванічного елемента, перетворення хімічної енергії на електричну. **T (Технології):** Використання мультиметра для вимірювання напруги та струму. **M (Математика):** Обчислення потужності ($P = U \cdot I$) та порівняння ефективності різних типів ґрунту/електродів.

3. **Пропорції людського тіла: 3D-модель кістки** Створити масштабовану 3D-модель (віртуальну або надруковану) певної кістки чи органу людини/тварини, попередньо провівши біометричні вимірювання. **S (Біологія):** Вивчення анатомії, функції та структури обраного органу (наприклад, суглоба, вірусу, зуба). **T (Технології):** Використання програмного забезпечення для 3D-моделювання (наприклад, Tinkercad, Blender). **M (Математика):** Збір реальних біометричних даних, розрахунок масштабування (пропорції, відношення), обчислення об'єму та площі поверхні моделі. **E (Інженерія):** Адаптація моделі для 3D-друку, вирішення проблем конструкції.

4. **Автоматична теплиця: Контроль мікроклімату** Запрограмувати Arduino-платформу для автоматичного моніторингу та регулювання умов для росту рослин (наприклад, керування світлом чи поливом). **S (Біологія):** Вивчення потреб рослин у світлі (фотосинтез), воді та температурі, впливу цих факторів на ріст. **P (Фізика/T):** Розуміння роботи датчиків (температури, вологості), основ електричних кіл. **T (Технології):** Написання програмного коду для Arduino (використання операторів *if/then*). **M (Математика):** Аналіз часових рядів даних (графіки залежності росту від умов), визначення оптимальних порогів (температурних, світлових) для вмикання пристроїв.

Додаток Д

Приклад проєкту: «Моніторинг гніздування птахів та моделювання оптимального штучного гнізда (шпаківні)»

Проект фокусується на темі «Екологія та поведінка тварин» і вимагає застосування технологій та інженерії.

Основна проблема: Як ефективно моніторити активність гніздування птахів на пришкольній території або в парку, мінімізуючи втручання, та створити модель штучного гнізда з оптимальними умовами для виживання пташенят?

Етап 1. Наука: Дослідження та гіпотеза

Ключова діяльність	Практичні навички
Вивчення: учні досліджують біологічні потреби птахів (розмір вхідного отвору, внутрішні розміри, орієнтація щодо сторін світу, необхідна товщина стінок для терморегуляції) та екологічні загрози.	Експериментування, аналіз літератури, пошук інформації, формулювання гіпотез.
Гіпотеза: «Штучне гніздо (шпаківня), обладнане системою пасивної вентиляції та розташоване на південно-східній стороні дерева, забезпечить нижчу середню температуру вдень порівняно зі звичайною шпаківнею, підвищуючи шанси пташенят на виживання.»	

Етап 2. Інженерія: Проєктування

Ключова діяльність	Практичні навички
Проєктування: Учні, використовуючи знання про терморегуляцію та гідродинаміку повітря, розробляють креслення «розумної» шпаківні. Вони враховують матеріали, конструкцію даху для захисту від дощу та хижаків.	Проєктування, моделювання, технічне креслення, оптимізація.
Прототипування (3D): Створюють 3D-модель інноваційної шпаківні в програмі Tinkercad або SketchUp для візуалізації та перевірки розмірів.	Робота з 3D-моделюванням, просторове мислення.

Етап 3. Технологія: Створення та моніторинг

Ключова діяльність	Практичні навички
Автоматизація моніторингу: Учні використовують мікроконтролер (наприклад, Arduino або ESP32) та цифрові датчики (температури, вологості, освітленості) для збору даних всередині шпаківні.	Програмування (базове), робота з електронікою, налаштування датчиків, цифровий збір даних.
Візуальний моніторинг: Встановлюють невелику вебкамеру (якщо дозволено),	Налаштування мережових технологій, робота з потоковим

підключену до мінікомп'ютера (Raspberry Pi), для запису активності птахів без прямого втручання.	відео.
--	--------

Етап 4. Математика (М): Кількісний аналіз

Ключова діяльність	Практичні навички
Збір та обробка даних: Зібрані дані з датчиків (температура, вологість за певний період) імпортуються у Google Sheets або Excel.	Робота з електронними таблицями, імпорт та очищення даних.
Статистичний аналіз: Учні розраховують середні показники, стандартне відхилення, будують графіки коливань температури в «розумній» ішпаківні порівняно з контрольною. Визначають, чи підтверджує статистика їхню гіпотезу про ефективність пасивної вентиляції.	Статистичний аналіз, інтерпретація графіків, обґрунтування висновків.

Етап 5. Рефлексія та презентація

Ключова діяльність	Практичні навички
Презентація: Команда представляє свої креслення, результати вимірювань (графіки) та висновки. Демонструють роботу моніторингової системи.	Комунікація, публічний виступ, візуалізація даних.
Рефлексія: Учні обговорюють, чи був обраний дизайн (Е) оптимальним для біологічних потреб птахів (S) і як можна покращити систему моніторингу (T) та точність вимірювань (M).	Критичне мислення, робота в команді, пошук шляхів вдосконалення.

Додаток Е

Тематика проектів, що дозволяють формувати практичні навички, які можна проводити у 7 -9 класах

Клас (Тема)	STEM-проект / діяльність	Основні STEM-компоненти	Практичні навички, що формуються
7 клас (Різноманітність рослин)	Проект «Цифровий Гербарій»: Збір місцевих видів, фотографування, оцифрування даних.	Мобільні додатки для ідентифікації (PlantNet), Google Forms (для створення бази даних), Canva (для дизайну етикеток).	Навички систематизації та каталогізації біологічних об'єктів. Цифрова грамотність.
7 клас (Будова клітини)	3D-моделювання клітини-органіда.	Е (Інженерія), Т (Технологія)	Навички просторового моделювання, роботи з CAD-програмами (наприклад, Tinkercad), візуалізації складних структур.
7 клас (Рух тварин)	Проект «Біоніка»: Дослідження принципу роботи суглобів/м'язів і проектування найпростішого механізму-аналога.	Tinkercad Circuits (для базових схем), LEGO Education (для конструювання прототипів), 3D-друк (якщо є доступ).	Навички конструювання, прототипування (Е), застосування біологічних знань у техніці.
7 клас (Фотосинтез / Дихання)	Симуляція процесу обміну речовин на віртуальній платформі (Phet Colorado, LabXchange).	С (Наука), Т (Технологія)	Навички аналізу динамічних систем, тестування гіпотез (зміна параметрів) та роботи з науковими симуляторами.
8 клас (Система кровообігу)	Проект «Штучний клапан»: Вивчення будови серця та розробка простої механічної моделі клапана.	Е (Інженерія), С (Наука), М (Математика)	Навички біонічного проектування, вимірювання (М), конструювання та створення прототипів.
8 клас (Обмін)	Проект	Електронні	Навички кількісного

речовин)	«Моніторинг Глюкози»: Аналіз діаграми рівня глюкози (або інших фізіологічних показників) та прогнозування змін.	таблиці MS Excel / Google Sheets (для побудови графіків), функції та формули (М).	аналізу фізіологічних даних, математичного моделювання (М), прогнозування.
8 клас (Генетика)	Обчислювальний проєкт: Аналіз генетичних задач Менделя за допомогою Excel або кодування (Scratch) для імітації схрещування.	М (Математика), Т (Технологія)	Навички кількісного аналізу, статистичної обробки даних, основи алгоритмізації (кодування).
9 клас (Еволюція)	Проєкт «Моделювання природного добору»: Створення простої анімації чи гри (симуляції) на тему виживання виду у мінливому середовищі.	Scratch (для блокового кодування), Phet Colorado (використання готових симуляцій).	Навички алгоритмізації (Т), моделювання складних біологічних процесів, розуміння ітеративності.
9 клас (Екологія)	Проєкт «Оцінка якості повітря»: Збір лишайників (біоіндикаторів), аналіз їхнього стану та представлення даних на цифровій карті.	Google Maps / ГІС-додатки (для візуалізації ареалів), фотофіксація (Т), статистична обробка (М).	Навички польового дослідження, просторового аналізу, використання геоінформаційних технологій.

Додаток Ж

Тематика STEM-проектів, що дозволяють формувати практичні навички, які можна проводити у 7 класі

1. Проект «Біонічна рука: принцип роботи клешні».

Мета: Вивчення будови кінцівок ракоподібних та створення механічного маніпулятора (клешні) з картону, шприців (гідравліка) або ниток.

STEM-компоненти: Анатомія рака, створення механізму, розрахунок сили стискування.

2. Проект «Автоматична ферма для метеликів (інсектарій)».

Мета: Конструювання контейнера з регульованою вологістю та температурою для спостереження за повним циклом перетворення комах.

STEM-компоненти: Цикли розвитку комах, використання датчиків вологості, проектування вентиляції.

3. Проект: «Біоніка: Секрети крила».

Мета: Дослідити, як форма крила птаха впливає на підйомну силу, та як люди використали це в авіації.

- S (Science): Вивчення анатомії крила (махові пера, скелет), поняття аеродинаміки та тиску повітря.

- T (Technology): Використання онлайн-симуляторів польоту або 3D-редактора Tinkercad для створення моделей профілю крила.

- E (Engineering): Конструювання паперових або пінопластових моделей крил різної форми (довгі вузькі — як у альбатроса, широкі — як у орла) та тестування їх у потоці повітря (вентилятор).

- M (Math): Вимірювання площі крила, розрахунок розмаху крил відносно маси тіла моделі.

4. Проект «Як плавають риби: гідродинамічна модель».

Мета: Створення моделі риби з пластикової пляшки та двигуна, дослідження впливу форми плавців на швидкість руху у воді.

- STEM-компоненти: Фізика руху у воді, робота з моторами, вимірювання швидкості та опірності середовища.

5. Проект «Аквапоніка: замкнута екосистема».

Мета: Створення системи, де відходи життєдіяльності риб у акваріумі слугують добривом для рослин, що ростуть зверху (без ґрунту).

STEM-компоненти: Колообіг речовин, насосні системи, розрахунок балансу рН та нітратів.

6. Проект «Розумна годівничка з фотопасткою».

Мета: Конструювання годівнички, яка за допомогою датчика руху або смартфона фіксує види птахів, що прилітають.

STEM-компоненти: Орнітологія та види кормів, дистанційне спостереження, дизайн конструкції для різних видів птахів.

7. Проєкт «Біоніка: чому крило літака схоже на крило птаха?»

Мета: Дослідження підйомної сили крила. Створення моделей крил різної форми у Tinkercad та тестування їх за допомогою фена (аеродинамічна труба).

STEM-компоненти: Анатомія птахів, 3D-моделювання, аеродинаміка.

8. Проєкт: «Інженерія гнізда: Архітектори природи».

Мета: Зрозуміти теплоізоляційні властивості природних матеріалів та складність конструкції гнізд.

- S (Science): Дослідження матеріалів, які птахи використовують для гнізд (пух, гілки, глина, слина), та їхньої здатності утримувати тепло.

- T (Technology): Використання цифрового термометра або датчика температури для фіксації швидкості охолодження «яйця» (пластикової пляшки з теплою водою) всередині моделі гнізда.

- E (Engineering): Завдання — побудувати гніздо з обмеженої кількості природних матеріалів, яке має витримати вагу 3-5 сирих яєць і не розвалитися при сильному вітрі (імітація феном).

- M (Math): Розрахунок геометричних параметрів гнізда (діаметр, глибина) та обчислення витрат енергії на його побудову.

9. Проєкт: «Smart-годовничка для Бутинського ліцею».

Мета: Створити технологічну годовничку, яка мінімізує втрати корму та дозволяє вести облік птахів.

- S (Science): Вивчення кормової бази птахів регіону взимку (що можна і чого не можна давати).

- T (Technology): Встановлення смартфона як фотопастки або використання платформи Arduino з датчиком ваги, щоб фіксувати, скільки корму з'їдається за день.

- E (Engineering): Проєктування годовнички «бункерного» типу, де корм підсипається автоматично під дією гравітації.

- M (Math): Ведення графіків відвідуваності годовнички в різні години дня, підрахунок середньої маси спожитого корму на одного птаха.

10. Проєкт: «Чому дзьоби різні? Моделювання адаптацій».

Мета: Дослідити взаємозв'язок між формою дзьоба та типом їжі через фізичне моделювання.

- S (Science): Вивчення екологічних груп птахів (хижі, зерноїдні, комахоїдні).

- T (Technology): Створення цифрової презентації-визначника «Дзьоби та їх функції» за допомогою Canva.

- E (Engineering): Використання побутових інструментів (пінцет, щипці, ложка, сито) як моделей дзьобів. Завдання — спробувати «зловити»

різні типи їжі (намистини у воді, насіння у піску, нитки у корі дерева) і визначити найефективніший інструмент.

➤ М (Math): Побудова гістограми ефективності: скільки одиниць їжі кожен «дзьоб» збирає за 30 секунд.

11. Проєкт: «Цифрова карта міграції».

Мета: Відстежити шляхи перелітних птахів за допомогою супутникових даних.

➤ S (Science): Вивчення причин міграції та механізмів орієнтації птахів (магнітне поле, сонце).

➤ T (Technology): Робота з ресурсами на кшталт Movebank.org або EuroBirdPortal, де можна бачити реальні переміщення птахів, помічених GPS-трекерами.

➤ E (Engineering): Створення макета-карти міграції з використанням світлодіодів, що підсвічують шлях конкретного виду.

➤ М (Math): Розрахунок середньої швидкості польоту птаха та загальної відстані перельоту від України до місця зимівлі.

12. Проєкт «Розумний лабіринт для гризунів».

Мета: Створення лабіринту (з картону чи конструктора) для перевірки пам'яті хом'яків чи мишей. Використання секундоміра для фіксації часу проходження.

STEM-компоненти: Етологія (поведінка), побудова модульних конструкцій, статистичний аналіз результатів декількох спроб .

13. Проєкт «Протез для тварини».

Мета: На основі кейсу реальної тварини (наприклад, черепахи чи собаки) розробити прототип протеза кінцівки з підручних матеріалів або за допомогою 3D-друку.

STEM-компоненти: Опорно-рухова система, протезування , точні вимірювання пропорцій тіла .

14. Проєкт «Готель для комах-запилювачів».

Мета: Розрахунок та створення багатошарової конструкції з природних матеріалів для затишної зимівлі корисних комах.

STEM-компоненти: Екологічні ніші, креслення конструкції, розрахунок об'єму матеріалів.