

ЗАСТОСУВАННЯ STEAM-ПІДХОДУ У ВИВЧЕННІ ПРИРОДНИЧИХ ДИСЦИПЛІН НА ПРИКЛАДІ ОСВІТНЬОГО ПРОЄКТУ “БАГАТОГРАННИЙ ВУГЛЕКИСЛИЙ ГАЗ”

Наталія Муць¹, Оксана Заремба², Христина Якимович³, Олексій Павлюк⁴

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, Львів, Україна, UA-79005*

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9945-5210>

e-mail: nataliya.muts@lnu.edu.ua;

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-845X>

e-mail: oksana.zaremba@lnu.edu.ua;

⁴ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3665-915X>

e-mail: oleksiy.pavlyuk@lnu.edu.ua

Продемонстровано авторську розробку освітнього STEAM-проєкту “Багатогранний вуглекислий газ”, спрямовану на реалізацію в межах шкільної освітньої практики та компетентнісно орієнтованого навчання. Обґрунтовано актуальність застосування STEAM-підходу як ефективного інструменту інтеграції природничих наук, технологій, інженерного мислення, математики та творчої діяльності задля формування цілісної наукової картини світу, розвитку дослідницьких умінь, міжпредметних зв’язків і базових компетентностей учнів відповідно до ідей Нової української школи.

Особливу увагу приділено експериментальній складовій проєкту, що базується на системі авторських демонстраційних лабораторних дослідів із вуглекислим газом і сухим льодом. Детально описано методику проведення хімічних експериментів, зокрема одержання карбон(IV) оксиду з карбонатів, сублимацію сухого льоду в різних середовищах, його взаємодію з лугами, визначення кислотності середовища, а також горіння магнію в атмосфері вуглекислого газу. Розглянуто спостереження фізичних явищ (ефект Лейденфроста, «співучий» сухий лід) та подано їх пояснення на молекулярному й макроскопічному рівнях. Наголошено на доцільності використання візуалізації, 3D-моделей, відеосупроводу та безпечних демонстрацій як засобів активізації пізнавальної діяльності учнів.

Розкрито авторський підхід до інтеграції експерименту з математичними розрахунками, задачами різного рівня складності, біологічними та фізіологічними аспектами дії вуглекислого газу, а також аналізом екологічної проблеми вуглецевого сліду з використанням онлайн-калькуляторів. Окремо висвітлено роль дебатів і творчої візуалізації як форм розвитку критичного мислення, аргументованого обговорення та комунікативних навичок.

Показано, що запропонований STEAM-проєкт сприяє формуванню практико-орієнтованих умінь, розвитку критичного й креативного мислення, екологічної

© Муць Н., Заремба О., Якимович Х., Павлюк О., 2026



*Матеріали поширюються на умовах міжнародної ліцензії
Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0*

свідомості, медіаграмотності та готовності учнів до розв'язання комплексних міждисциплінарних проблем. Запропонована модель може бути адаптована й масштабована для вивчення інших тем шкільного курсу природничих наук.

Ключові слова: методика навчання, шкільний курс хімії, НУШ, STEAM-проект, навчальний експеримент, компетентнісний підхід.

Постановка проблеми. Модернізація природничої освіти в умовах цифрової трансформації та інтеграції України до європейського освітнього простору обумовлює необхідність застосування інноваційних педагогічних підходів. Важливим є формування цілісної наукової картини світу, розвиток дослідницьких умінь і основних компетентностей здобувачів освіти. Одним із таких підходів є STEM-освіта та її розширена модель – STEAM.

Упровадження STEM-підходу в Україні визначено одним із пріоритетних напрямів державної освітньої політики. Зокрема, розпорядженням Кабінету Міністрів України схвалено Концепцію розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) та затверджено план заходів щодо її реалізації, що передбачає оновлення змісту навчання, розвиток STEM-компетентностей, розширення використання проектної діяльності й створення STEM-центрів та лабораторій у закладах освіти різних рівнів. Реалізацію зазначених положень конкретизують накази Міністерства освіти і науки України та діяльність Інституту модернізації змісту освіти, спрямовані на науково-методичне забезпечення та масштабування STEM-освіти в освітньому процесі [1].

Особливої актуальності в цьому контексті набуває STEAM-підхід, який доповнює STEM (*Science* – природничі науки, *Technology* – технології, *Engineering* – інженерія, *Math* – математика) творчою складовою (*Art*) і забезпечує глибше осмислення наукових понять через дизайн-мислення, моделювання та візуалізацію.

За результатами науково-методичних досліджень, застосування STEAM сприяє підвищенню мотивації до навчання, розвитку критичного й креативного мислення, умінь командної роботи та здатності застосовувати знання для розв'язання реальних проблем. Такі переваги корелюють із сучасними європейськими освітніми стратегіями, у яких STEAM-освіту розглядають як засіб підвищення результатів навчання з природничих дисциплін та інструмент формування навичок, необхідних на ринку праці XXI століття [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика впровадження STEM- та STEAM-підходів у вивченні природничих дисциплін посідає важливе місце у сучасних педагогічних дослідженнях. Аналіз фахових публікацій засвідчує, що STEM-освіту розглядають як ефективний інструмент оновлення змісту природничо-математичної підготовки, орієнтований на формування основних і предметних компетентностей, розвиток дослідницьких умінь і практичну спрямованість навчання.

Стан і перспективи впровадження STEM-освіти в умовах реформування української школи ґрунтовно висвітлено у працях А. П. Овчатової. Авторка акцентує увагу на перевагах інтегрованого навчання, що забезпечує усвідомлене

засвоєння навчального матеріалу та орієнтацію на розв'язання практичних завдань, водночас окреслюючи проблеми методичної підготовки педагогів і матеріально-технічного забезпечення в закладах освіти [3].

Науково-методичні аспекти реалізації STEM-освіти широко представлені у виданнях Державної наукової установи "Інститут модернізації змісту освіти". У збірнику "STEM-освіта: теорія та практика" узагальнено досвід організації STEM-проектів у закладах загальної середньої та вищої освіти, окреслено підходи до впровадження проектно-дослідної діяльності та підкреслено її значення для формування природничо-наукової грамотності здобувачів освіти [4].

Суттєвого розвитку набула ідея розширення STEM-парадигми до рівня STEAM-освіти. У методичному посібнику Н. І. Поліхун, О. В. Лозової, Г. В. Онопченко (та співавторів) STEAM-підхід обґрунтовано як міждисциплінарну модель навчання, що поєднує наукову, технологічну та творчу діяльність, сприяє розвитку креативності, дизайн-мислення та цілісному розумінню природничих процесів [5].

Вагомий внесок у дослідження проблеми впровадження STEM-освіти зробила Н. В. Форкун, яка довела доцільність використання елементів STEM підходу в процесі навчання фізики. Авторка розглядає STEM-проекти як ефективний засіб інтеграції змісту навчальних дисциплін і формування у здобувачів освіти вмінь застосовувати знання у реальних життєвих ситуаціях, розвитку критичного мислення та дослідницьких навичок [6].

Проблемам STEM-освіти присвячено наукові праці також і зарубіжних вчених: Хізера Гонсалеса, Джеффри Куензі, Девіда Ленгдона, Кейта Ніколса та ін. [7–9].

Отже, аналіз останніх досліджень свідчить про наукову й методичну значущість STEM- і STEAM-підходів у природничій освіті. Водночас недостатньо висвітленими залишаються предметноорієнтовані STEAM-проекти, спрямовані на цілісне вивчення конкретних наукових явищ, що актуалізує подальші дослідження у цьому напрямі.

Метою статті є аналіз особливостей застосування STEAM-підходу під час вивчення природних дисциплін і представлення педагогічного досвіду у вигляді освітнього STEAM-проекту.

Виклад основного матеріалу. Реалізація STEAM-підходу в освітній практиці найбільш ефективна через організацію предметно-інтегрованих навчальних проектів, що відображають зв'язок наукових знань із реальними процесами навколишнього світу. У цьому аспекті показовим є освітній проект "Багатогранний вуглекислий газ", який дає змогу поєднати початковий матеріал з хімії, фізики, біології, математики, екології, технологій і мистецтва, розкриваючи роль карбон(IV) оксиду у природних, техногенних та соціально-економічних процесах. Залучення здобувачів освіти до дослідницької та конструкторської діяльності в межах подібних проектів створює умови для глибшого засвоєння навчального матеріалу, формування екологічної свідомості

та удосконалення STEM/STEAM-компетентностей, що відповідає стратегічним завданням розвитку сучасної природничої освіти в Україні.

STEAM-проект як педагогічна система – це цілісна модель організації навчання, що інтегрує природничі науки, технології, інженерію, мистецтво та математику навколо реальної проблеми. Його сутність полягає в проєктно-дослідницькій діяльності учнів, орієнтованій на створення практичного продукту, застосування знань з різних галузей і формування компетентностей XXI століття.

Складові STEAM-проекту охоплюють науковий (дослідження, експерименти), технологічний (використання ІКТ, програмування), інженерний (проектування й конструювання), мистецький (креативність, дизайн, естетика), математичний (розрахунки, аналіз даних) та проєктно-організаційний (командна робота, планування, презентація результатів) аспекти. Їх інтеграція забезпечує міждисциплінарність, практичну спрямованість та активну роль учня у навчанні.

Наводимо фрагмент проєкту, акцентувавши увагу на окремих його складових.

Візуалізація

STEAM-проект “Багатогранний вуглекислий газ” варто візуалізувати як педагогічну систему, що поєднує науковий зміст, демонстраційний експеримент, інженерне моделювання та творчий компонент. Спочатку варто зосередитися на візуально-тактильній компоненті як актуалізації пізнавальної діяльності: охарактеризувати вуглекислий газ на молекулярному рівні – продемонструвати лінійну будову (O=C=O) та кристалічну ґратку за допомогою 3D-моделей або схем, проілюструвати наявність подвійних зв’язків та порівняти зі структурними характеристиками кристалічного силіцій(IV) оксиду. Також можна запропонувати розглянути шматки “сухого льоду”, показати наскільки він крихкий, що підтверджує молекулярну ґратку речовини.

Хімічна складова

Хімічну складову доречно реалізувати шляхом виконання експерименту, починаючи із одержання карбон(IV) оксиду з карбонатів та дослідів із ним (проведення якісної реакції із вапняною водою, пропускання газу через розчин лугу, попередньо забарвлений фенолфталеїном, визначення кислотності водного розчину, сублимація “сухого льоду” тощо).

Дослід 1. Одержання вуглекислого газу з карбонатів

Для одержання вуглекислого газу у лабораторії використовуємо апарат Кіппа, в якому відбувається таке перетворення:



З отриманим вуглекислим газом проводимо такі експерименти:

1. Якісна реакція з вапняною водою: наливаємо у прозору склянку свіжовиготовлену вапняну воду.



Пропускаємо через цей розчин вуглекислий газ (поруч з текстом тут і далі розташований QR-код з гіперпосиланням, за яким можна переглянути авторський відеофрагмент відповідного експерименту).

Спостереження: через 10–20 с розчин почне ставати каламутним, набуваючи молочно-білого відтінку. За подальшого пропускання надлишку газу каламутність зникає і розчин знову стає прозорим.

Пояснення: вуглекислий газ реагує з кальцій гідроксидом, утворюючи осад кальцій карбонату – речовини, що входить до складу крейди, мармуру, мушлі моллюсків. Оскільки він не розчиняється у воді, утворюються дрібні білі часточки і розчин стає каламутним: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$.



Якщо продовжувати пропускати CO_2 , то осад розчиниться. Кальцій карбонат перетворюється на кальцій гідрогенкарбонат, що добре розчиняється у воді: $\text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Подібні процеси відбуваються за утворення сталактитів і сталагмітів у печерах – вода, насичена вуглекислим газом, повільно розчиняє вапняк.

Аналогічний експеримент можна провести із використанням сухого льоду. Зовнішні зміни практично ідентичні, але з твердим карбон(IV) оксидом каламутність зникає набагато швидше. Це зумовлено вищою концентрацією відповідної речовини у розчині.



2. Гасіння полум'я свічки: у хімічний стакан набираємо вуглекислий газ, потім вміст обережно “переливаємо” на запалену свічку.

Спостереження: полум'я свічки гасне.

Пояснення: дослід демонструє, що вуглекислий газ важчий за повітря та не підтримує горіння.

Дослід 2. Сублімація сухого льоду

1. У хімічний стакан поміщаємо кілька шматочків сухого льоду. Деякий час спостерігаємо за зменшенням розміру цих шматків. Щоб пришвидшити процес сублімації, поміщаємо у відкрите полум'я.

Спостереження: спостерігаємо зменшення розміру шматка без утворення крапель рідини.

Пояснення: сублімація – це процес переходу речовини з твердого стану в газоподібний, оминаючи рідкий стан.

2. Порівнюємо процес сублімації сухого льоду у воді та олії. У хімічний стакан наливаємо воду і кидаємо кілька шматочків сухого льоду.



Спостереження: як тільки лід потрапляє у воду, починається бурхливе “кипіння”. Зі склянки виділяється густий білий туман, який стікає через вінець посудини.

Пояснення: вода, що має високу теплопровідність та теплоємність, швидко віддає тепло сухому льоду. Він миттєво сублімується, перетворюючись на газ. Багато хто думає, що білий туман, який спостерігаємо – це і є вуглекислий газ. Це помилкове припущення! Вуглекислий газ – безбарвний, а білий туман – це дрібні крапельки рідкої води, що сконденсувалися з повітря через різке охолодження внаслідок сублімації.

Повторюємо дослід з соняшниковою олією. У хімічний стакан наливаємо олію і занурюємо кілька шматочків сухого льоду.

Спостереження: процес відбувається набагато спокійніше. Бульбашки газу підіймаються повільно, вони великі та прозорі. Олія не “димить”, як вода.

Пояснення: олія густіша (більш в’язка) за воду, тому бульбашкам важче підніматися догори. Крім того, олія гірше проводить тепло, тому сублімація відбувається повільніше. Відсутність туману можна пояснити повільнішим перебігом процесу.

Дослід 3. Взаємодія сухого льоду з розчином луку

1. До розчину луку додаємо індикатор фенолфталеїн до появи інтенсивного малинового забарвлення. Додаємо кілька шматочків сухого льоду.

Спостереження: розчин поступово знебарвлюється.

Пояснення: під час сублімації сухого льоду утворюється газоподібний CO₂, який добре розчиняється у воді з утворенням солі слабкої карбонатної кислоти H₂CO₃. Це призводить до зростання кислотності (зниження pH) середовища, внаслідок чого малинове забарвлення фенолфталеїну поступово зникає, і розчин стає безбарвним. Спостереження можна описати таким рівнянням реакції:



2. Аналогічний дослід можна провести й з використанням універсального індикатора, який для нашого дослідження ми використали у форматі розчину. В колбу з водою додаємо індикатор і спостерігаємо темно-помаранчеве забарвлення, що свідчить про нейтральне середовище. Доливаємо луг – колір розчину стає темно-синім. Під час додавання шматочків сухого льоду спостерігаємо зміну забарвлення від темно-синього (лужне середовище) через помаранчеве (нейтральне) до світло-жовтого (слабокисле).



3. Для прецизійного експерименту доцільно додатково скористатися рН-метром, електронним приладом для точного вимірювання кислотності середовища. Завдяки спеціальному електроду, що реагує на концентрацію йонів Гідрогену $[H^+]$ у розчині, прилад відображає чисельне значення рН розчину. Під час додавання сухого льоду рН стрімко зменшується (від сильно лужного з рН ~ 12 до слабокислого з рН ~ 6).

Дослід 4. Горіння магнію на повітрі та в атмосфері вуглекислого газу

Магнієву стружку підпалюємо на керамічній підставці. Потім поміщаємо на іншу підставку кілька шматочків сухого льоду, насипаємо магнієву стружку і підпалюємо.

Спостереження: магнієва стрічка на повітрі горить яскравим білим світлом, виділяється багато тепла, після горіння залишається білий порошок. Якщо ж взаємодія відбувається в атмосфері вуглекислого газу, то реакція значно інтенсивніша, утворюються продукти – порошки білого та чорного кольору.

Пояснення: під час горіння магній реагує з киснем повітря за реакцією: $2Mg + O_2 = 2MgO$. Магній оксид MgO – білий порошок. В атмосфері вуглекислого газу відбувається така взаємодія:

$Mg + CO_2 = 2MgO + C$. Разом з відповідним оксидом утворюється аморфний вуглець C – чорний порошок.

Дослід 5. “Мильні бульбашки”

Наповнюємо колбу теплою водою, приблизно на дві третини, додаємо кілька шматочків сухого льоду та рідкого миючого засобу.

Спостереження: замість звичного густого туману (як у попередньому досліді “Сублімація сухого льоду у воді”) з посудини починає стрімко рости “стовп” з білих мильних бульбашок. Їх стає так багато, що вони виливаються через край, створюючи ефектну мильну піну.

Пояснення: сухий лід, потрапляючи у воду, інтенсивно переходить з твердого стану в газоподібний (сублімує). Бульбашки вуглекислого газу підіймаються на поверхню. Оскільки у воді є миючий засіб, газ не просто виходить у повітря, а “захоплюється” мильною плівкою, утворюючи бульбашки.

Дослід 6. Рух сухого льоду по гарячій поверхні

Кілька шматочків сухого льоду кладемо на попередньо розігріту металеву поверхню.

Спостереження: фіксуємо хаотичний рух шматочків по поверхні.



Пояснення: рух сухого льоду по гарячій поверхні – це захопливе фізичне явище, яке ідеально ілюструє ефект Лейденфроста. Твердий об'єкт не просто лежить, а “літає” над поверхнею. Коли шматочок сухого льоду торкається гарячої поверхні, відбувається сублімація і нижній шар льоду перетворюється на газ. Цей газ створює тонку “газову подушку” між твердим шматочком і металом. Оскільки вона майже повністю усуває тертя, спостерігаємо хаотичний рух внаслідок мікропоштовхів газу.



Дослід 7. “Співучий” сухий лід

Притискаємо шматочок сухого льоду до металевої поверхні.

Спостереження: чуємо характерний високий звук – “писк”.

Пояснення: газ, що утворюється під тиском, намагається вирватися назовні. Це створює надшвидку вібрацію шматочка льоду, що передається металу. Таке враження, ніби метал “кричить” від холоду.



Математична складова

Математичні розрахунки є дуже важливими у STEAM-проектах, адже саме вони забезпечують точність, обґрунтованість і достовірність результатів експерименту. Зокрема, у проектах, пов'язаних із вивченням вуглекислого газу, учням пропонуємо починати із базових обчислень (наприклад, знаходження молекулярної маси речовини), а згодом, поступово розкриваючи хімічні властивості вуглекислого газу, переходити до більш складних задач, де необхідно використовувати пропорції, відсотки, розрахунки із від'ємними числами, рівняння чи, навіть, системи рівнянь (прикладні задачі наведено нижче). Таким способом, поетапно ускладнюючи математичний апарат, можна досягти глибшого розуміння досліджуваних явищ. Ще кращий ефект можна одержати, насичуючи умову задачі не лише “цифрами”, а й відомостями про галузі застосування речовин, технологічні процеси, екологічний аспект тощо.

Важливо також використовувати різноманітні типи задач, наприклад: обчислення відносної молекулярної маси речовини за її формулою, масової частки елемента у складній речовині, розрахунки з використанням відносної густини газів, за хімічними та термохімічними рівняннями тощо [10].

Приклади задач різного рівня складності:

Задача 1. Вуглекислий газ (CO_2) є одним із найважливіших газів у природі та техніці. Він входить до складу атмосфери, бере участь у процесі фотосинтезу рослин і є продуктом дихання живих організмів. Вкажіть відносну молекулярну масу вуглекислого газу.

<i>Відомо:</i> Хімічна формула – CO ₂ $Mr(\text{CO}_2) = ?$ а.о.м.	<i>Розв'язок:</i> Зазначаємо відносні атомні маси елементів, які входять до складу карбон(IV) оксиду (вуглекислого газу): $Ar(\text{C}) = 12$ а.о.м.; $Ar(\text{O}) = 16$ а.о.м. Для знаходження відносної молекулярної маси, використовуємо формулу: $Mr(\text{CO}_2) = Ar(\text{C}) \cdot 1 + Ar(\text{O}) \cdot 2$ Підставляємо числові значення та обчислюємо: $Mr(\text{CO}_2) = 12 \cdot 1 + 16 \cdot 2 = 44$ (а.о.м.)
-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Відповідь: відносна молекулярна маса вуглекислого газу становить 44 а.о.м.

Задача 2. Основним продуктом горіння карбонвмісних речовин є вуглекислий газ. Підвищення його концентрації в атмосфері пов'язують із парниковим ефектом і змінами клімату. Знайдіть масу (г) вуглецю, яку необхідно спалити для одержання 56 л карбон(IV) оксиду.

<i>Відомо:</i> $V(\text{CO}_2) = 56$ л $m(\text{C}) = ?$ г	<i>Розв'язок:</i> Горіння вуглецю з утворенням карбон(IV) оксиду (вуглекислого газу) можна описати таким рівнянням реакції: $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$ Для знаходження маси вуглецю скористаємося пропорцією: $\frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m}$ Підставляємо числові значення та обчислюємо масу вуглецю: $\frac{x(\text{г})}{12(\text{г/моль})} = \frac{56(\text{л})}{22,4(\text{л/моль})}; m(\text{C}) = \frac{12 \cdot 56}{22,4} = 30 \text{ г}$
------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Відповідь: для одержання 56 л карбон(IV) оксиду потрібно спалити 30 г вуглецю.

Задача 3. Натрій гідрокарбонат (NaHCO₃, інша назва – харчова сода), широко використовують у побуті, зокрема в харчовій промисловості як розпушувач тіста. Він реагує з кислотами з виділенням вуглекислого газу, який утворює бульбашки та “піднімає” тісто. Для цього часто використовують етанову кислоту (CH₃COOH), що міститься в харчовому оцті, яка є слабкою органічною кислотою і легко реагує з гідрокарбонатами. Обчисліть об'єм (л)

утвореного газу, якщо харчову соду масою 4,2 г помістили у 100 г розчину оцтової кислоти з концентрацією 9 %.

<p><i>Відомо:</i> $m(\text{NaHCO}_3) = 4,2 \text{ г}$ $m\text{-ну}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 100 \text{ г}$ $w(\text{CH}_3\text{COOH}) = 9 \%$ $V(\text{газу}) = ? \text{ л}$</p>	<p><i>Розв'язок:</i> Реакцію взаємодії харчової соди (NaHCO_3) з оцтовою кислотою (CH_3COOH) можна описати таким рівнянням реакції: $\text{NaHCO}_3 + \text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ Для початку потрібно знайти масу чистої кислоти у розчині: $w = m\text{-ни} / m\text{-ну}$; $m\text{-ни} = w \cdot m\text{-ну}$; $m(\text{CH}_3\text{COOH}) = w \cdot m\text{-ну}(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,09 \cdot 100 = 9 \text{ г}$ Далі обчислюємо кількості вихідних речовин ($n = m/M$) та порівнюємо їх, щоб дізнатися, яка з них є в надлишку: $n(\text{NaHCO}_3) = 4,2/84 = 0,05 \text{ моль}$ $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 9/60 = 0,15 \text{ моль}$ Зважаючи на те, що кислоту взято в надлишку, обрахунки за рівнянням реакції виконуємо відповідно до пропорції: $\frac{m(\text{соди})}{M(\text{соди})} = \frac{V(\text{CO}_2)}{V_m}, \quad \frac{4,2(\text{г})}{84(\text{г/моль})} = \frac{x(\text{л})}{22,4(\text{л/моль})}$ $V(\text{CO}_2) = \frac{4,2 \cdot 22,4}{84} = 1,12 \text{ л}$</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Відповідь: об'єм утвореного вуглекислого газу становить 1,12 л.

Задача 4. Термохімічні розрахунки дають змогу знаходити тепловий ефект реакцій без проведення реальних експериментів. Вони допомагають зрозуміти, виділяється чи поглинається тепло під час хімічних реакцій, отож широко використовують в хімії та промисловості. Обчисліть тепловий ефект (кДж) реакції $\text{CO}_2(\text{г}) + \text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$, знаючи теплоти утворення вихідних речовин та продуктів реакції: $\Delta H^\circ(\text{CO}_2) = -393,71 \text{ кДж/моль}$,

$\Delta H^\circ(\text{CO}) = -110,54 \text{ кДж/моль}$, $\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -241,83 \text{ кДж/моль}$.

<p><i>Відомо:</i> $\Delta H^\circ(\text{CO}_2) = -393,71 \text{ кДж/моль}$ $\Delta H^\circ(\text{CO}) = -110,54 \text{ кДж/моль}$ $\Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O}) = -241,83 \text{ кДж/моль}$ $\Delta H^\circ = ? \text{ кДж}$</p>	<p><i>Розв'язок:</i> Згідно з наслідком закону Гесса ентальпія хімічної реакції дорівнює різниці між сумою ентальпій утворення продуктів реакції та сумою ентальпій утворення вихідних речовин (реагентів): $\Delta H^\circ = \sum \Delta H^\circ_{\text{продуктів}} - \sum \Delta H^\circ_{\text{реагентів}}$ Відповідно до рівняння реакції $\text{CO}_2(\text{г}) +$</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

$$\text{H}_2(\text{г}) \rightarrow \text{CO}(\text{г}) + \text{H}_2\text{O}(\text{г})$$
 запишемо вираз для обчислення теплового ефекту реакції:

$$\Delta H^\circ = (1 \text{ моль} \cdot \Delta H^\circ(\text{CO}) + 1 \text{ моль} \cdot \Delta H^\circ(\text{H}_2\text{O})) - (1 \text{ моль} \cdot \Delta H^\circ(\text{CO}_2) + 1 \text{ моль} \cdot \Delta H^\circ(\text{H}_2)).$$
 Підставляємо значення та обчислюємо:

$$\Delta H^\circ = (1 \text{ моль} \cdot (-110,54 \text{ кДж/моль}) + 1 \text{ моль} \cdot (-241,83 \text{ кДж/моль})) - (1 \text{ моль} \cdot (-393,71 \text{ кДж/моль}) + 1 \text{ моль} \cdot 0) = -352,37 \text{ кДж} + 393,71 \text{ кДж} = 41,34 \text{ кДж}$$

Відповідь: тепловий ефект реакції становить 41,34 кДж.

Задача 5. Гідроксиди натрію (NaOH) і калію (KOH) належать до сильних лугів, які широко використовують в хімічній промисловості. Поглинання CO₂ лужними розчинами застосовують, зокрема, для очищення газових сумішей і регулювання вмісту вуглекислого газу в різних процесах. Визначіть масовий склад суміші натрій гідроксиду та калій гідроксиду, якщо відомо, що суміш масою 192 г розчинили у воді і отриманий розчин поглинає вуглекислий газ об'ємом 44,8 л з утворенням середніх солей.

Відомо:

$$m(\text{NaOH} + \text{KOH}) = 192 \text{ г}$$

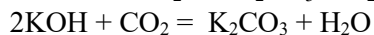
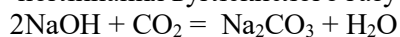
$$V(\text{CO}_2) = 44,8 \text{ л}$$

$$m(\text{NaOH}) = ? \text{ г}$$

$$m(\text{KOH}) = ? \text{ г}$$

Розв'язок:

Опишемо хімічні процеси, які відбуваються за поглинання вуглекислого газу розчином:



Для проведення обчислень складемо систему рівнянь, позначивши масу NaOH у вихідній суміші за x , а об'єм вуглекислого газу, який поглинається у першій реакції, за y :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{m(\text{NaOH})}{2 \cdot M(\text{NaOH})} = \frac{V1(\text{CO}_2)}{V_m} \quad \frac{m(\text{KOH})}{2 \cdot M(\text{KOH})} = \frac{V2(\text{CO}_2)}{V_m} \\ \frac{x(\text{г})}{2 \cdot 40(\text{г/моль})} = \frac{y(\text{л})}{22,4(\text{л/моль})} \quad \frac{192-x(\text{г})}{2 \cdot 56(\text{г/моль})} = \frac{44,8-y(\text{л})}{22,4(\text{л/моль})} \end{array} \right.$$

Виражаємо y з першого рівняння $y = \frac{x \cdot 22,4}{112}$ і підставляємо в друге:

$$\frac{192-x}{112} = \frac{44,8 - 0,28x}{22,4};$$

Знаходимо значення x відповідно до таких обчислень:

$$22,4(192-x) = 112(44,8 - 0,28x)$$

$$4300,8 - 22,4x = 5017,6 - 31,36x$$

$$8,96x = 716,8$$

$$x = 716,8 / 8,96$$

$$x = 80$$

$$m(\text{NaOH}) = x \text{ г} = 80 \text{ г}; m(\text{KOH}) = (192 - x) \text{ г} = 192 - 80 = 112 \text{ г}$$

Відповідь: масовий склад вихідної суміші: $m(\text{NaOH}) = 80 \text{ г}$, $m(\text{KOH}) = 112 \text{ г}$.

Біологічна складова

Варто наголосити, що відомості з біології є невід’ємними у STEAM-проекті природничого характеру. Тому потрібно акцентувати на важливій біологічній ролі вуглекислого газу, зокрема його участі у фотосинтезі. Ознайомимось з актуальними даними та графіками динаміки зростання концентрації карбон(IV) оксиду в атмосфері Землі (крива Кілінга), обговоримо основні джерела викидів і механізм парникового ефекту. Такий підхід поєднує науку й технології, демонструючи зв’язок хімії з біологією, екологією та кліматом.

Окремо розглянемо вплив карбон(IV) оксиду на фізіологію людини. Поширено стереотип, що “вуглекислий газ – отрута, а нам потрібен лише кисень”. Проте під час стресу часто виникає гіпервентиляція – надто швидке дихання, внаслідок чого рівень вуглекислого газу у крові знижується (гіпокапінія). Це призводить до звуження судин мозку та зміщення показника рН крові в лужний бік (алкалоз), що викликає запаморочення, тривогу й посилення стресу.

Вуглекислий газ є основним регулятором дихання: саме він, а не кисень, стимулює вдих. У малих дозах він сприяє заспокоєнню та відновленню біохімічної рівноваги. Цей вплив добре ілюструє так званий “ефект паперового пакета”, відомий з кіно: людина дихає повітрям, збагаченим власним видихуваним CO_2 , і його рівень у крові повертається до норми. Це розширює судини, покращує кровопостачання мозку та припиняє панічну атаку, демонструючи, що невелике підвищення концентрації вуглекислого газу має заспокійливу дію.

Є і зворотний ефект, коли наявний надлишок вуглекислого газу у повітрі, бо у великих дозах він є хімічним тригером паніки. Якщо концентрація вуглекислого газу у вдихуваному повітрі стає занадто високою (наприклад, у закритому задушливому приміщенні), мозок отримує сигнал від спеціальних рецепторів: “Ми задихаємося!”. Виникає “гіперкапінічна паніка”. Це первинний, найпотужніший вид стресу. Навіть якщо кисню в повітрі достатньо, високий рівень карбон(IV) оксиду змушує серце битися швидше, викликає пітливість і відчуття страху [11; 12].

Екологія (Вуглецевий слід)

Важливим питанням, що варто розглянути в проєкті, є уявлення про вуглецевий слід – сукупність викидів усіх парникових газів, які утворились (прямо або опосередковано) внаслідок використання енергії, транспорту, виробництва речей і навіть повсякденних звичок людини. Проблема вуглецевого сліду сьогодні є однією з найважливіших екологічних тем, оскільки вона безпосередньо пов’язана зі змінами клімату та впливом діяльності людини на довкілля. Усвідомлення важливості цього поняття допомагає учням зрозуміти,

як їхні особисті дії впливають на стан планети, та формує відповідальне ставлення до природи [13].

Діяльність, пов'язана з обчисленням вуглецевого сліду, сприяє розвитку практичних умінь учнів. Наприклад, школярі можуть підрахувати вуглецевий слід свого класу, школи або власної родини, порівняти різні способи пересування чи джерела енергії та запропонувати шляхи зменшення негативного впливу на довкілля. Така діяльність формує навички дослідження, роботи з інформацією та прийняття обґрунтованих рішень.

Наприклад, можна організувати роботу учнів з онлайн-калькулятором вуглецевого сліду *WWF* (<https://footprint.wwf.org.uk/>) як зручним і наочним цифровим інструментом.

Спочатку учні поетапно вносять дані, що характеризують повсякденну діяльність людини (енергоспоживання, транспорт, харчування тощо), орієнтуючись на власний або сімейний побут. На наступному етапі увага зосереджується на аналізі результатів розрахунку. Отримані дані дають змогу визначити чинники, що найбільше впливають на формування вуглецевого сліду. Учні порівнюють власні показники із середніми значеннями та роблять висновки щодо ролі вуглекислого газу у зміні клімату, інтегруючи знання з хімії, фізики, математики та інформатики. Завершальним етапом може бути дослідницька робота, під час якої учні моделюють шляхи зменшення вуглецевого сліду, змінюючи окремі параметри в калькуляторі. Це сприяє формуванню вмінь працювати з даними, встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та пропонувати практичні екологічно відповідальні рішення.

За потреби можна скористатися більш простішими версіями калькуляторів вуглецевого сліду, які спеціально адаптовані для учнів та не потребують складних попередніх розрахунків. На початковому етапі проєкту доцільно використовувати калькулятори, орієнтовані на школярів, зокрема *StuCarbon* (<https://stucarbon.com/>). Його перевагою є спрощена структура запитань, зрозуміла мова інтерфейсу та наочне подання результатів.

Для поглибленої та міжпредметної роботи в межах STEM-проєкту доцільно залучати більш детальні калькулятори, зокрема *Household Carbon Footprint Calculator* (<https://www.epa.gov/ghgemissions/household-carbon-footprint-calculator>). Перевагою такого інструменту є науково обґрунтована методика розрахунків і робота з реальними числовими даними, що дає можливість інтегрувати завдання з математики, фізики та інформатики. Використання кількох калькуляторів у межах одного проєкту дає змогу порівнювати результати, обговорювати точність обчислень і формувати в учнів критичне ставлення до екологічної інформації, що повністю відповідає цілям STEM-освіти та компетентнісного підходу.

Дебати

Ще одним способом покращити STEAM-проєкт є проведення учнівських дебатів чи конструктивної дискусії на запропоновані теми. *Дебати* – це формат

навчання, що базується на аргументованій суперечці навколо певної теми. На відміну від звичайної дискусії, дебати мають чітку структуру: дві сторони (стверджувальна та заперечувальна) наводять аргументи, ставлять запитання та спростовують позицію опонента. Такий формат розвиває критичне мислення учнів, вони навчаються відрізняти наукові факти від стереотипів та маніпуляцій, формують навички медіаграмотності, адже підготовка до дебатів змушує шукати багато інформації, використовувати першоджерела. Часто учням доводиться захищати позицію, з якою вони особисто не згодні (але змушені за правилами дебатів виконувати свою роль), що допомагає глибше зрозуміти проблему з різних сторін.

Можна запропонувати такі теми для дебатів в рамках STEAM-проєкту “Багатогранний вуглекислий газ”:

➤ “CO₂ – ворог чи друг?” Аргументи “Проти” (Ворог): зростання температури, закислення океану, танення льодовиків. Аргументи “За” (Друг): основа фотосинтезу, регулятор дихання людини, “тепла ковдра” планети, без якої Земля була б крижаною кулею.

➤ “Фотосинтез проти парникового ефекту: хто сильніший?” Основною тезою може стати питання “Чи може природне озеленення повністю нівелювати вплив антропогенних викидів?”

Творча складова STEAM-проєкту “Багатогранний вуглекислий газ” відіграє важливу роль у формуванні цілісного розуміння природних і техногенних явищ, а також у розвитку креативного та критичного мислення учнів. Її реалізація сприяє активному залученню здобувачів освіти до навчально-дослідницької діяльності та підвищує мотивацію до вивчення природничих дисциплін. Вона може бути втілена через створення різноманітних візуальних продуктів, зокрема постерів, просторових моделей, мультимедійних презентацій та інфографіки на тему “Кругообіг карбону”, де учні можуть окреслити багаторівневі взаємозв'язки між атмосферою, біосферою, гідросферою та антропогенною діяльністю людини. Такі візуалізації дають змогу інтегрувати наукові відомості про основні біогеохімічні процеси (фотосинтез, клітинне дихання, мінералізацію органічної речовини), екологічні аспекти (вуглецевий слід, глобальне потепління, закислення Світового океану) та сучасні технологічні рішення (відновлювані джерела енергії, технології уловлювання та зберігання вуглекислого газу).

Створення подібних візуальних продуктів сприяє розвитку навичок аналізу й узагальнення інформації, проєктування інфографіки, формування системного та міждисциплінарного мислення, а також інтеграції знань із хімії, біології, географії, екології та технологій. Крім того, така діяльність підсилює міжпредметний характер STEAM-проєкту, створює умови для ефективного представлення та обговорення результатів навчально-дослідницької роботи, а також формує в учнів уміння аргументовано презентувати власні висновки.

Висновки. У наведеному STEAM-проекті “Багатогранний вуглекислий газ” теоретично обґрунтовано та практично реалізовано комплексний підхід до вивчення природничих дисциплін.

Інтеграція хімії, фізики, біології та математики через творчу (*Art*) та технологічну складові допомагає подолати фрагментарність знань учнів. Супровід виконання проекту демонстраційними дослідами (від класичної якісної реакції до вивчення ефекту Лейденфроста та “співучого” льоду) є потужним тригером пізнавального інтересу. Експерименти з сухим льодом не лише візуалізують абстрактні поняття молекулярної будови та фазових переходів, а й руйнують усталені стереотипи про “невидимість” та “пасивність” газів.

Використання математичної складової для вирішення прикладних задач (розрахунків теплових ефектів, масового складу сумішей та аналіз екологічних онлайн-калькуляторів) підвищує практичну якість навчання. Робота з цифровими онлайн-інструментами (як-от калькулятори *WWF* чи *EPA*) трансформує теоретичні знання про екологію у розуміння персональної відповідальності за власний вуглецевий слід.

Важливим є розвиток *soft skills*, зокрема у форматі учнівських дебатів (наприклад, “CO₂ – ворог чи друг?”) та створення підсумкової творчої інфографіки, що сприяють розвитку навичок аргументації, критичного аналізу інформації та командної взаємодії. Це готує здобувачів освіти до розв’язання реальних проблем сучасного суспільства, де наукові виклики потребують як точних розрахунків, так і креативних рішень.

Запропонована модель STEAM-проекту може бути масштабована на інші теми шкільного курсу природничих наук, зокрема для вивчення циклів води, кисню чи енергетичного менеджменту, що відповідає стратегічним цілям модернізації української освіти. Також важливими є емпіричні дослідження для перевірки ефективності підходів, що є перспективою подальших досліджень.

1. Про схвалення Концепції розвитку природничо-математичної освіти (STEM-освіти) : розпорядження Кабінету Міністрів України від 05 серп. 2020 р. № 960-р. Законодавство України. Верховна Рада України. Київ, 2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text>.

2. *Aguilera D., Ortiz-Revilla J.* STEM vs. STEAM education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*. 2021. Vol. 11(7). Art. 331. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>

3. *Овчатова А. П.* Проблеми та перспективи впровадження STEM-освіти в Україні. Науковий дискурс. 2021. № 35(7). С. 50–60. DOI: [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35\(7\)-5](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35(7)-5)

4. STEM-освіта: теорія та практика : зб. наук.-метод. матеріалів / за ред. Ю. І. Завалевського. Київ : ДНУ “Інститут модернізації змісту освіти”, 2024. 302 с.

5. Поліхун Н. І., Лозова О. В., Онопченко Г. В. та ін. STEAM-освіта: від теорії до практики. Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2023. 127 с.
6. Форкун Н. В. Впровадження елементів STEM-освіти в освітній процес : зб. наук. праць Кам'янець-Подільського нац. ун-ту ім. Івана Огієнка. Серія педагогічна. 2019. Вип. 25. С. 108–111. DOI: <https://doi.org/10.326626/2307-4507.2019-25.108-111>
7. Gonzalez H. B., Kuenzi J. J. Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. Congressional Research Service Report No. R42642. Washington, DC : Library of Congress, Congressional Research Service, 2013. 38 p. URL: https://www2.law.umaryland.edu/marshall/crsreports/crsdocuments/R42642_04052013.pdf
8. Langdon D., McKittrick G., Beede D., Khan B., Doms M. STEM: Good Jobs Now and for the Future. Washington, DC : U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration, 2011. 10 p. (ESA Issue Brief No. 03–11). URL: <https://www.govinfo.gov/app/details/GOVPUB-C-PURL-gpo93914>
9. Cao X., Lu H., Wu Q., Hsu Y. Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students learning outcomes. *Frontiers in Psychology*. 2025. Vol. 16. Art. 1579474. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1579474>
10. Павлюк О. В., Муць Н. М., Заремба О. І. Методичні рекомендації до вивчення курсу “Методика викладання хімії”. Розділ “Розрахункові задачі у шкільному курсі хімії”. Львів : ЛНУ ім. Івана Франка, 2019. 76 с.
11. Iurriaga R., Alcaayaga J., Chapleau M. W., Somers V. K. Carotid body chemoreceptors: physiology, pathology, and implications for health and disease. *Physiological Reviews*. 2021. No. 101(3). P. 1177–1235. DOI: <https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2019>
12. Hall J. E., Hall M. E. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (13th ed.). Elsevier, 2020. 1046 p.
13. Кривомаз Т. І., Циба А. М., Гамоцький Р. О., Ільченко І. С. Зменшення вуглецевого сліду як механізм адаптації до змін клімату. Київ : КНУБА, 2024. 24 с.

References

1. Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku pryrodnycho-matematychnoi osvity (STEM-osvity) : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 05 serp. 2020 r. № 960-r [For the approval of the concept of the development of natural and mathematical education (stem-education) : resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 05 Aug. 2020. No. 960-r.]. (2020). *Zakonodavstvo Ukrainy*. Verkhov. Rada Ukrainy. Kyiv. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-%D1%80#Text> [in Ukrainian].
2. Aguilera, D., Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM-education and student creativity: a systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331> [in English].

3. Ovchatova, A. P. (2021). Problemy ta perspektyvy vprovadzhennia STEM-osvity v Ukraini [Problems and prospects of implementing STEM education in Ukraine] *Naukovyi dyskurs*, 35(7), 50–60. [https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35\(7\)-5](https://doi.org/10.33930/ed.2019.5007.35(7)-5) [in Ukrainian].

4. STEM-osvita: teoriia ta praktyka : zb. nauk.-metod. materialiv [STEM-education: theory and practice: collection of scientific and methodological materials] / main edit. Yu. I. Zavalevskyyi (2024). Kyiv : DNU “Instytut modernizatsii zmistu osvity” [in Ukrainian].

5. Polikhun, N. I., Lozova, O. V., Onopchenko, H. V. ta in. (2023). STEAM-osvita: vid teorii do praktyky [STEAM-education: from theory to practice.] Kyiv : Instytut obdarovanoi dytyny NAPN Ukrainy [in Ukrainian].

6. Forkun, N. V. (2019). Vprovadzhennia elementiv STEM-osvity v osvitnii protses [Implementation of STEM education elements in the educational process] : zb. nauk. prats Kamianets-Podilskoho nats. un-tu im. Ivana Ohiiienka. Seriia pedahohichna, 25, 108–111. <https://doi.org/10.326626/2307-4507.2019-25.108-111> [in Ukrainian].

7. Gonzalez, H. B., Kuenzi, J. J. (2013). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education. Congressional Research Service Report No. R42642. Washington, DC : Library of Congress, Congressional Research Service. Retrieved from https://www2.law.umaryland.edu/marshall/crsreports/crsdocuments/R42642_04052013.pdf [in English].

8. Langdon, D., McKittrick, G., Beede, D., Khan, B., Doms, M. (2011). STEM: Good Jobs Now and for the Future. Washington, DC : U.S. Department of Commerce, Economics and Statistics Administration. (ESA Issue Brief No. 03-11). Retrieved from <https://www.govinfo.gov/app/details/GOVPUB-C-PURL-gpo93914> [in English].

9. Cao, X., Lu, H., Wu, Q., Hsu, Y. (2025). Systematic review and meta-analysis of the impact of STEM education on students learning outcomes. *Frontiers in Psychology*, 16, 1579474. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1579474> [in English].

10. Pavliuk, O. V., Muts, N. M., Zaremba, O. I. (2019). Metodychni rekomendatsii do vyvchennia kursu “Metodyka vykladannia khimii”. Rozdil “Rozrakhunkovi zadachi u shkilnomu kursi khimii” [Methodological recommendations for teaching the course “Methodology of teaching chemistry”. Chapter “Calculation tasks in a school chemistry course”]. Lviv: LNU im. Ivana Franka [in English].

11. Iturriaga, R., Alcayaga, J., Chapleau, M. W., Somers, V. K. (2021). Carotid body chemoreceptors: physiology, pathology, and implications for health and disease. *Physiological Reviews*, 101(3), 1177–1235. <https://doi.org/10.1152/physrev.00039.2019> [in English].

12. Hall, J. E., Hall, M. E. (2020). Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology (13th ed.). Elsevier [in English].

13. Kryvomaz, T. I., Tsyba, A. M., Hamotskyi, R. O., Pchenko, I. S. (2024). Zmenschennia vuhletsevoho slidu yak mekhanizm adaptatsii do zmin klimatu [Reducing the carbon footprint as a mechanism for adapting to climate change]. Kyiv : KNUBA [in Ukrainian].

Стаття: надійшла до редколегії 21.04.2026
доопрацьована 06.05.2026
прийнята до друку 29.05.2026

**APPLICATION OF STEAM APPROACH TO LEARNING NATURAL SCIENCES:
A CASE STUDY OF THE EDUCATIONAL PROJECT
“MULTIFACETED CARBON DIOXIDE”**

Nataliya Muts¹, Oksana Zaremba², Khrystyna Yakymovych³, Oleksii Pavlyuk⁴

Ivan Franko National University of Lviv,

Kyryla i Mefodiya Str., 6, Lviv, Ukraine, 79005

¹*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9945-5210>*

e-mail: nataliya.muts@lnu.edu.ua;

²*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3179-845X>*

e-mail: oksana.zaremba@lnu.edu.ua;

⁴*ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3665-915X>*

e-mail: oleksiy.pavlyuk@lnu.edu.ua

This paper presents an original methodological framework for a school-based STEAM-project titled “Multifaceted Carbon Dioxide” The study highlights the relevance of the STEAM-approach as an effective tool for integrating natural sciences, technology, engineering thinking, mathematics, and art. This integration aims to cultivate a holistic scientific worldview while developing students’ research skills and core competencies.

Particular emphasis is placed on the experimental component of the project, which is based on a system of original laboratory demonstrations involving carbon dioxide and dry ice. The paper provides a detailed description of the methodology for conducting chemical experiments (obtaining carbon(IV) oxide from carbonates, sublimation of dry ice in various environments, the interaction with bases, pH determination, the combustion of magnesium in a carbon dioxide atmosphere, etc.) and observations of physical phenomena (the Leidenfrost effect, “singing” dry ice), complemented by explanations at both molecular and macroscopic levels. The use of visualization, 3D-models, video support, and safety-oriented demonstrations is underscored as a means of stimulating students’ cognitive engagement.

The author’s approach further integrates experimental data with mathematical calculations, varying levels of problem-solving tasks, and the biological and physiological aspects of carbon dioxide impact. Additionally, the project incorporates an analysis of the “carbon footprint” ecological issue through the use of online calculators. The findings demonstrate that the proposed STEAM-project fosters the development of practice-oriented skills, critical and creative thinking, environmental awareness, and the ability to engage in evidence-based discussion during debates and creative visualization of results.

Keywords: STEAM-project, carbon dioxide, school chemistry course, educational experiment, teaching methodology.