

УДК 373.1:542

Кривов'яз А.О., к.х.н., доц; **Кохан О.П.**, к.х.н., доц.; **Сливка М.В.**, д.х.н., проф.

ВІРТУАЛЬНІ ХІМІЧНІ ЛАБОРАТОРІЇ, ЯК АЛЬТЕРНАТИВА ШКІЛЬНОГО ХІМІЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

*ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46
e-mail: andrey.kryvovyz@uzhnu.edu.ua*

У межах даного дослідження зроблено аналіз ролі хімічного експерименту у сучасній системі навчання стосовно хімічних дисциплін, зокрема, функції експерименту в контексті концепції НУШ. Проведено детальний аналіз й надано характеристики основних засобів формування досвіду експериментаторських умінь в здобувачів освіти, а також підкреслено необхідність застосування відповідних дидактичних інструментів та ефективного управління освітньою діяльністю, які здатні забезпечити цілеспрямованість в пошуку обґрунтувань і доведень закономірностей, кореляцій й взаємозалежностей між навчальними процесами й емпіричними даними.

Розроблено й наведено ряд хімічних експериментів для розвитку дослідницьких здібностей в здобувачів освіти та графічно проілюстровано результати динаміки змін рівня дослідницької діяльності в контрольній групі учнів. Розроблено критерій оцінювання рівня інтересу до дослідницької роботи здобувачів освіти. Висловлено думку, що учнівська уважність й зосередженість на уроках хімії грають критично важливу роль в розвитку дослідницької активності здобувачів освіти ЗЗСО.

Доведено, що проведення дослідницької роботи з учнями десятого класу ЗЗСО с. Великі Лучки позитивно впливає на динаміку зміни рівня розвитку експериментаторського інтересу у контрольній групі здобувачів освіти. Під час використання віртуальних лабораторій учні стикалися з кількома викликами: управлінням часом і концентрацією на матеріалі (20%), розумінням уроків через складнощі у формулюванні запитань до вчителя (33%), і високим темпом навчання (17%).

Ключові слова: уроки хімії, ефективність навчання, дослідницькі навички, зацікавленість, віртуальні хімічні лабораторії, інтерес учня.

Метою сучасного загальноосвітнього закладу є пошук ефективних підходів до підвищення мотивації учнів до навчання, активізації їхньої когнітивної діяльності, розвитку творчого мислення та формування особистості учня як соціально та життєво компетентного індивіда, здатного до самостійного вибору та прийняття відповідальних рішень у різноманітних життєвих контекстах [1].

Особливе значення має розвиток практичних і творчих навичок, необхідних для застосування здобутих знань у реальних умовах. У цьому контексті педагогічна діяльність має бути спрямована на впровадження освітніх технологій, що не лише забезпечують якісне засвоєння навчального матеріалу, а й сприяють

формуванню пізнавальної активності, самостійності та креативного потенціалу здобувачів освіти [2-7].

Велика кількість працівників й експертів хімічної освіти оцінюють віртуальні лабораторії як найбільш ефективну альтернативу традиційним практичним й лабораторним заняттям [9]. Їхньою найбільшою перевагою є повна безпечність та можливість концентрації уваги учнів безпосередньо на експериментальному завданні без необхідності використання небезпечних речовин чи складного обладнання [8]. Практика реалізації освітнього процесу засвідчує, що проведення занять хімії з використанням віртуальних лабораторій викликає як мінімум зацікавлення учнів та сприяє формуванню

стійкої мотивації до процесу навчання хімії й дозволяє здобувачам освіти навчатись в індивідуальному темпі та опановувати навчальний матеріал з хімії самостійно [10-12].

Для здобувачів освіти старшої школи найбільш привабливою й ефективною формою експериментаторської діяльності є класичні практичні заняття, які передбачають проведення хімічних дослідів із конкретними об'єктами «в живу». Виконання різного роду маніпуляцій із навчальними предметами задовольняє потребу здобувачів освіти у активній діяльності та сприяє виявленню причинно-наслідкових кореляцій і формуванню закономірностей [13-16].

У рамках дослідження було згенеровано робочу гіпотезу стосовно оцінювання рівня сформованості умінь дослідника в учнів десятого класу до і після проведення роз'яснювальних занять викладача при вивченні окремих тем з органічної хімії. Особливу увагу було приділено порівнянню ефективності традиційного класичного хімічного експерименту та використання сучасних віртуальних лабораторій в якості альтернативного засобу навчання.

Встановлено, що пояснення й обговорення результатів хімічних дослідів вчителем в класі сприятимуть підвищенню зацікавленості учнів у дослідницькій діяльності та підвищення рівня їхньої готовності до самостійного аналізу результатів хімічного експерименту. Позитивна динаміка кореляції результатів, отриманих до і після проведення роз'яснювальної роботи вчителем, запропоновано використовувати як показник прогресу у формуванні дослідницьких компетентностей здобувачів освіти ЗЗСО.

Експериментальна частина

Для виконання запланованого завдання нами відібрано низку демонстраційних експериментів по органічній хімії. Практична робота з дослідом № 1 - 7 розпочалася у лютому 2025 року на заняттях хімії у ЗЗСО с. Великі Лучки. У ній взяли участь 20 учнів 10 класу. Перше анкетування учнів, що входили до контрольної групи, було проведено 10 лютого 2025 року з метою виявлення рівня сформованості їхніх дослідницьких умінь.

Основним методом одержання емпіричних експериментальних даних слугувало анкетування. Активність учнів при реалізації експерименту оцінювалася вчителем за п'ятибальною шкалою, відповідно з критеріями, які відповідали й були індикаторами прояву дослідницької активності. Одержані емпіричні дані було узагальнено та продемонстровано за допомогою графічної інтерпретації, що унаочнювала загальний рівень зацікавленості й підготовленості здобувачів освіти ЗЗСО до реалізації дослідницької діяльності.

Наступним кроком експерименту було проведення з контрольною групою учнів серії роз'яснювальних занять, які стосувались інтерпретації і аналізу одержаних емпіричних даних. Зазначений етап включав 7 проведених занять один раз на тиждень, згідно навчального плану.

В роботі використовували наступні критерії анкетування:

учню не цікаво – **1 бал**

учню частково\трохи цікаво – **2 бали**

учню цікаво – **3 бали**

учню цікаво і була активна участь – **4 бали**

учню дуже цікаво і була активна участь в досліді та обговорені – **5 балів**

Зведені результати експериментальної перевірки відповідності рівня розвитку дослідницького інтересу серед учнів десятого класу с. Великі Лучки наведені в таблиці 1.

Формою дослідження, яке стосувалось іншого педагогічного експерименту було також обрано анкетування. Опитування було проведене учителем хімії серед учнів десятого класу (контрольна група: 20 здобувачів освіти ЗЗСО). Одержані емпіричні результати перевірки відповідності рівня розвитку дослідницького інтересу здобувачів освіти ЗЗСО (учні 10 класу) також наведені в таблиці 1.

На початку анкетування, проведеного 10 лютого 2025 року, середній показник зацікавленості контрольної групи до дослідницької діяльності становив 2.7 балів за п'ятибальною шкалою. Протягом наступних двох місяців, вчитель, використовуючи розвивальні заняття, спостерігав за значним зростанням інтересу здобувачів освіти ЗЗСО до проведення експериментальної роботи.

Таблиця 1. Результати тестування учнів 10 класу

Періоди між анкетуванням		Тестування 10.02.2025 р.							Тестування 10.04.2025 р.						
	Номер досліджу	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
	ППП школяра														
1	Учень № 1	1	4	3	5	2	1	1	5	5	3	3	5	3	5
2	Учень № 2	2	5	4	2	1	2	2	2	2	3	5	5	3	2
3	Учень № 3	1	3	5	3	2	1	1	3	2	4	2	5	5	3
4	Учень № 4	1	2	2	2	2	3	3	2	1	2	3	2	2	3
5	Учень № 5	2	5	1	3	2	2	2	1	5	5	2	3	2	4
6	Учень № 6	1	2	4	4	2	1	1	3	2	2	5	2	1	2
7	Учень № 7	1	3	3	3	2	1	1	4	3	2	2	2	3	2
8	Учень №8	2	2	4	4	2	2	2	1	2	1	3	2	4	4
9	Учень №9	1	1	2	1	2	1	1	5	5	4	3	1	2	1
10	Учень №10	3	3	5	4	4	1	2	2	2	3	5	3	5	3
11	Учень № 11	5	4	2	4	5	1	1	3	2	4	5	5	3	4
12	Учень № 12	3	5	3	1	3	5	1	2	1	2	2	2	3	5
13	Учень № 13	2	2	2	2	2	2	2	5	5	3	3	2	4	2
14	Учень № 14	5	1	3	5	5	3	1	2	2	3	5	5	3	4
15	Учень № 15	2	4	4	2	2	2	3	2	2	4	2	2	3	4
16	Учень №16	3	3	3	5	3	3	2	5	5	3	3	2	4	1
17	Учень №17	2	2	2	2	4	4	1	2	2	3	2	1	2	1
18	Учень №18	1	2	3	3	3	3	1	3	3	4	1	1	2	2
19	Учень №19	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	1	2
20	Учень № 20	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1
	Середнє значення	12.0	10.0	11.0	13.0	14.0	9.0	10.0	15.0	17.0	16.0	18.0	19.0	17.0	18.0

До повторного анкетування, що відбулося 10 квітня 2025 року, середній рівень розвитку дослідницької активності зріс до 4.6 балів за п'ятибальною шкалою. Це свідчить

про позитивну динаміку у 1,8 бали порівняно з початковими показниками. Отримані результати візуалізовано на рисунку 1.

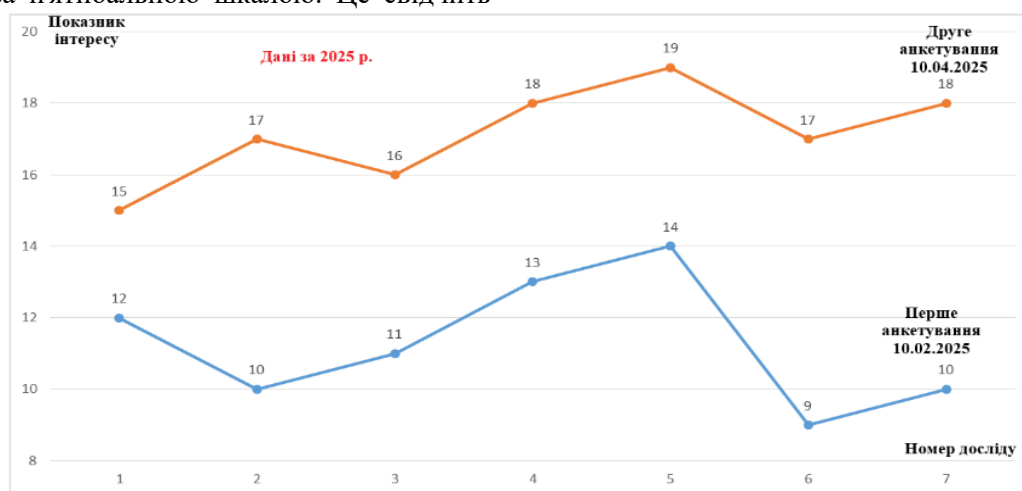


Рис. 1. Результати експериментального анкетування здобувачів освіти стосовно виявлення рівня розвитку дослідницької активності.

Згідно даних таблиці 1, рівень розвитку і готовності здобувачів освіти до дослідницької активності значно підвищився після роботи вчителя з учнями (дані 10.04.2025).

При аналізі індикаторів успішності учнів на уроках хімії за період 2019 / 2020 н.р. – осінній семестр 2024 / 2025 н.р. навчальних років (Таблиця 2), який припадає на період введення карантинних обмежень й відповідний перехід на дистанційну форму навчання, була виявлена тенденція до спаду ефективності засвоєння матеріалу з хімії, яка припадає саме на початок впровадження дистанційного навчання. Найбільш ймовірно, основними факторами цього стали недостатнє технічний й методичний супровід освітнього процесу та відповідного його забезпечення; слід зауважити, безперечно, й загальна неготовність до нового формату комунікації

усіх без винятку учасників освітнього процесу від здобувача освіти – учителя – директора.

В період 2020 / 2021 навчального року та протягом осіннього семестру 2021 / 2022 навчального року організація освітнього процесу відбувалась за змішаною формою, яка поєднувала очне та дистанційне навчання, яке супроводжувалось варіативним графіком відвідування закладу освіти. Так, було зафіксоване незначне підвищення рівня навчальних досягнень здобувачів освіти протягом весняного семестру 2020 / 2021 навчального року, що ми пояснюємо ростом й покращенням якості цифрової грамотності усіх учасників освітнього процесу, а також, безперечно, підвищенням якості використовуваних цифрових навчальних матеріалів, особливо це стосується появи якісних відеоматеріалів стосовно демонстраційних хімічних експериментів.

Таблиця 2. Успішність здобувачів освіти ЗЗСО з хімії (бал середній)

Успішність ЗО ЗЗСО	Навчальний рік										
	2019 / 2020 н.р.		2020 / 2021 н.р.		2021 / 2022 н.р.		2022 / 2023 н.р.		2023 / 2024 н.р.		2024 / 2025 н.р.*
10 клас	8.0	8.0	7.6	8.1	8.8	8.2	9.1	9.4	9.3	9.6	9.4
Бал (середнє значення):	8.0		7.6		8.5		9.1		9.5		9.4

*Успішність наведено за осінній семестр

Враховуючи виявлені тенденції, було впроваджено педагогічне рішення щодо доцільності збільшення експериментальної складової при викладанні хімії в школі. Це передбачало активне залучення здобувачів освіти до виконання домашніх практичних експериментальних завдань й написання навчальних проєктів. Метою такого підходу було підвищення рівня практичної підготовки здобувачів освіти та їхньої мотивації до вивчення хімії.

У весняному семестрі 2021 / 2022 н.р., після початку москальської агресії повномасштабних військових дій, освітній процес в ЗЗСО України було повністю переформатовано у дистанційний формат. Це спричинило чергове зниження ефективності навчання та спад рівня успішності здобувачів освіти. Протягом 2022 / 2023 н.р. освітня діяльність в Закарпатській області

реалізовувалася за змішаною формою. Такий підхід був зумовлений частковою відсутністю облаштованих укриттів у ЗЗСО. Дотримання норм безпеки освітнього процесу зумовило чергування очної форми навчання з дистанційною. При цьому такий освітній ресурс як віртуальні лабораторії почали активно використовуватись на уроках хімії.

Як результат теоретичного аналізу для пошуку ефективного забезпечення експериментальної складової при навчанні хімії в умовах ЗЗСО з обмеженим фондом фінансування, нами виявлено кілька освітніх ресурсів, які в софті містять віртуальні хімічні лабораторії, які можна використати при навчанні хімії в школі. Зазначені ресурси було апробовано під час занять хімії у вигляді засобів моделювання експериментів у форматі дистанційного навчання.

Сайт ModelChemLab –
<https://modelscience.com/products.html>

Сайт PhET-InteractiveSimulations –
<https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=chemistry&type=html>

Сайт Chem_Collective –
<https://chemcollective.org/vlabs>

Освітній процес в ЗЗСО Закарпатської області, починаючи з весняного семестру 2022 / 2023 н.р., було переведено в звичайну очну форму навчання, яка забезпечила безпосередню ефективну взаємодію учнів із педагогами. Зазначений формат значно підвищив якість навчання, зокрема, завдяки можливості класичного проведення хімічних дослідів безпосередньо на занятті або/та перегляду відеоматеріалів експериментів з синхронним коментуванням викладача й оперативним фідбеком (зворотнім зв'язком). Це, своєю чергою, позитивно вплинуло на рівень навчальних досягнень учнів.

У період поширення пандемії та початку москальської агресії найчастіше на уроках хімії застосовувалися (Рис. 2) такі комбіновані форми демонстрації експериментів:

А – форма демонстрації фотографій та ілюстрацій, які зображують перебіг хімічних реакцій (наприклад, якісні проби з полум'ям, якісні виявлення альдегідної групи по Фелінгу, Толенсу)

Б – форма використання відеоматеріалів, які завантажені з відкритих Інтернет джерел чи створені власними силами (авторський продукт);

В – форма проведення дослідів у класі в режимі реального часу, наприклад, досліди по визначенню кислотності середовища, дослідження гідролізу солей, тощо;

Г – форма організації домашніх експериментів, для реалізації яких учні використовували виключно доступні побутові й харчові засоби.

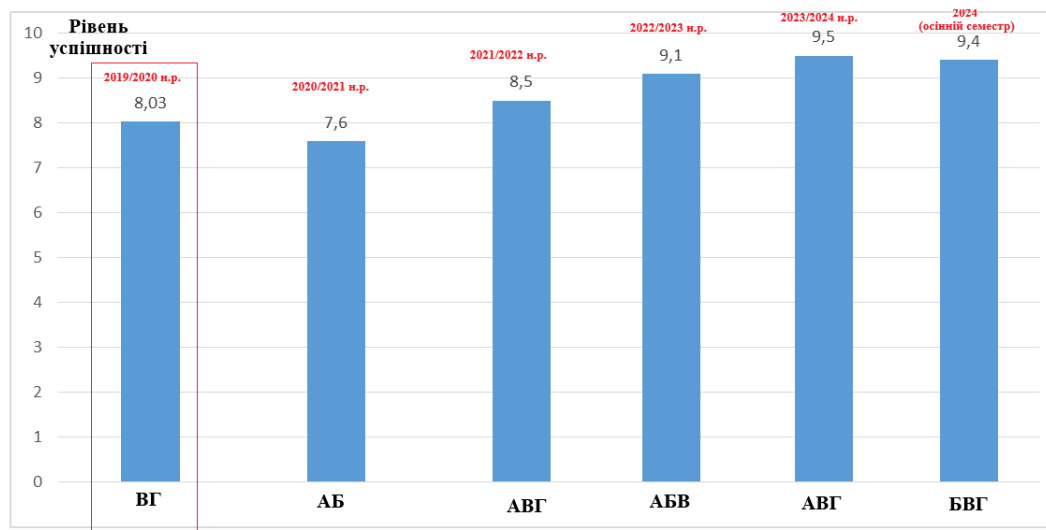


Рис. 2. Порівняння успішності учнів десятого класу в залежності від форми хімічного експерименту.

Приклади домашніх експериментів: вивчення залежності якості випікання кондитерських виробів від впливу харчових добавок; виявлення чинників, які впливають на кристалізацію кухонної солі (хлориду натрію); дослідження хімічних властивостей карбонатів в реакції оцту й питної соди.

Зазначені форми діяльності ефективно сприяли розвитку дослідницьких умінь, а також відігравали вирішальну роль при формуванні прикладного бачення хімічних процесів в повсякденному житті.

Аналізуючи переваги й недоліки використання "живих" дослідів та відеоматеріалів (власноруч створених або знайдених на YouTube, платформах "Всеукраїнської школи онлайн") під час онлайн-уроків, ми дійшли висновку, що такий підхід значно підвищує привабливість уроків хімії для учнів. Він полегшує розуміння складних питань і надає значно більше часу для дискусії й обговорення результатів, в порівнянні з аналогічними дослідом на звичайних заняттях, що позитивно впливає на успішність учнів.

Однак, суттєвим недоліком віртуальних лабораторій є відсутність у здобувачів освіти навичок практичної роботи в хімічній лабораторії та втрата прямого контакту з учителем. Це, у свою чергу, може призводити до зниження інтересу до хімії та, як наслідок, до зниження успішності при дистанційному навчанні.

Результати дослідження рівня задоволеності здобувачів освіти формою дистанційного навчання на уроках хімії свідчать позитивне сприйняття пропонованої в роботі моделі організації освітнього процесу. Так, 71.1% здобувачів освіти оцінили дистанційну форму як ефективну при викладанні хімії, нотуючи її належну організацію. Як ключові переваги здобувачі освіти назвали:

можливість реалізації домашніх хімічних експериментів із використанням побутових й харчових засобів;

пізнавальні й ілюстративні відеоматеріали;

інтерактивні завдання;

заохочення до самостійності;

метод добору тем викладачем;

можливості залучення до інновацій в освітніх практиках

Слід також відзначити, що 20.8% опитаних здобувачів освіти негативно оцінили таку форму навчання як віртуальні лабораторії, а окремі респонденти вказали байдужість, тобто, обравши варіант відповіді «байдуже». Але переважна більшість учнів зазначили, що уроки хімії в онлайн формі створюють більш спокійну навчальну атмосферу в порівнянні з традиційним аудиторним форматом. Вони також відзначили більшу гнучкість при плануванні й організації особистого часу й підвищення ефективності в роботі. Більш 70% учнів надали перевагу навчанню вдома, тому що така форма навчання дозволяє дотримуватись індивідуального розпорядку дня, а також понизити рівень позаосвітнього стресу й уникнути ризиків, які пов'язані з переміщенням до ЗЗСО в умовах воєнної загрози (зокрема, при повітряній тривозі).

Основні труднощі, на які вказують респонденти, і які виникали при використанні віртуальних лабораторій, були наступні:

управління часом й концентрація уваги на демонстрованому навчальному матеріалі (20%);

розуміння змісту практичних занять, зумовлені, як правило, труднощами при формулюванні запитань до викладача (33%);

високий темп демонстрації навчального відео-матеріалу (17%).

Висновки

Проаналізовано роль експерименту при викладанні хімії в сучасній системі освіти в ЗЗСО, зокрема, функції експерименту в контексті концепції НУШ. Запропоновано набір хімічних дослідів для розвитку експериментаторських здібностей й навичок у здобувачів освіти.

Результати анкетування, які візуалізовані в вигляді таблиць й графіків, дозволили провести систематизацію результатів тестування та надати рекомендації стосовно покращення якості виховного й навчального процесу для учнів.

Доведено, що проведення дослідницької роботи з учнями десятого класу ЗЗСО с. Великі Лучки позитивно впливає й підвищує рівень розвитку дослідницького інтересу у контрольній групі школярів.

Список використаних джерел

1. Про затвердження Типового переліку засобів навчання та обладнання для навчальних кабінетів і STEM-лабораторій: наказ Міністерства освіти і науки України від 29.04.2020 р. № 574. *Офіційний вісник України*. 2020, 38, 113.
2. Анічкіна О.В., Листван В.В., Віленський В.О., Писаренко С.В., Лисецька Ю.В. Реалізація експерименту з органічними речовинами як чинник мотивації до вивчення хімії. *Наука і освіта: Науково-практичний журнал Південного наукового центру НАПН України*. 2023, 1, 3–10.
3. Анічкіна О., Авдєєва О., Євдоченко О., Камінський О., Писаренко С., Чумак В. Хімічний експеримент у школі та вдома: навчальний посібник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 386.
4. Бабенко О.М., Харченко Ю.В., Ліцман Ю.В. (2020). Проблеми та виклики дистанційного навчання хімії у закладах загальної середньої освіти. *Актуальні питання природничо-математичної освіти*. 2020, 2 (16), 20–28.
5. Бабенко О.М. Хімічний експеримент в умовах дистанційної освіти. *Актуальні питання*

природничо-математичної освіти: збірник наукових праць. Суми: СумДУ імені А.С.Макаренка. 2022, 1 (19), 123–131.

6. Величко Л., Вороненко Т., Нетрибійчук О. Методичні рекомендації з вивчення курсів за вибором з хімії. 10–11 класи: методичні рекомендації [Електронне видання]. Київ: Педагогічна думка, 2022. С. 56.

7. Герасименко А.М. Використання квест-технологій на уроках хімії. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Сучасний освітній простір – досвід, пошук, результат»*. Суми, Україна. 2023, 16.

8. Грачова Н.В., Макєєв С.Ю. Домашній хімічний експеримент як засіб формування дослідницької компетентності учнів. *Харківський природничий форум: VII Міжнар. конф. молод. учених, Харків, 16–17 трав. 2024 р.* Харків, 2024, 53–55.

9. Мельниченко Н.О., Стаднічук О.М. Особливості хімічного експерименту в умовах вимушеного дистанційного навчання. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія: Теорія та методика навчання природничих наук*. 2023, 5, 43–52. Doi: 10.31652 / 2786–5754–2023–5–43–52.

10. Сливка М.В., Лабатій Т.В., Бестріцька В.О., Король Н.І., Цанько М.Ю., Стерчо І.П., Мільович С.С., Кривов'яз А.О., Онисько М.Ю. Ефективність освітніх технологій навчання хімії в сучасній українській школі. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту*

(Сер. Хімія). 2024, 1(51), 64–69. Doi: 10.24144 / 2414–0260.2024.1.64–69.

11. Смірнова О.В., Сулім О.Г. Проведення практичних занять з медичної хімії під час дистанційного навчання. *Вісник Вінницького національного медичного університету*. 2023, 27(2), 274–278. Doi: 10.31393 / reports-vnmedical – 2023–27 (2) – 16.

12. Чеботарьов О.М. Позакласна робота з хімії: метод. посіб. для студентів факультету хімії та фармації спеціальності «Середня освіта (Хімія)». Одеса: *Одес. нац. ун-т імені І. І. Мечникова*. 2020, С. 98.

13. Штиль К.В. Формування понять про хімічну реакцію засобом ужиткового експерименту: кваліфікаційна робота / науковий керівник – к. х. н., доцент Вікторія Григорівна Столяренко. Кривий Ріг. 2024, С. 58.

14. Chans G., Bravo-Gutiérrez M. E., Orona-Navar A., Sánchez-Rodríguez E.P. Compilation of Chemistry Experiments for an Online Laboratory Course: Student's Perception and Learning Outcomes in the Context of COVID – 19. *Sustainability*. 2022, 14, 2539. Doi: 10.3390 / su14052539.

15. Kennepohl D. Laboratory activities to support online chemistry courses: a literature review. *Canadian Journal of Chemistry*. 2021, 99 (11), 851–859. Doi: 10.1139 / cjc – 2020–0506.

16. Santiago D.E., Melián E.P., Reboso J.V. Lab at home in distance learning: A case study. *Education for Chemical Engineers*. 2022, 40, 37–44. Doi: 10.1016 / j. ece. 2022.05.001.

Стаття надійшла до редакції: 30.04.2025

Прийняття до друку після рецензування: 05.06.2025

Публікація: 01.07.2025

VIRTUAL CHEMISTRY LABORATORIES AS AN ALTERNATIVE TO SCHOOL CHEMISTRY EXPERIMENTS

Kryvoviaz A.O., Kokhan O.P., Slivka M.V.

Uzhhorod National University, Pidhirna St., 46, 88000 Uzhhorod, Ukraine

e-mail: andrey.kryvoviyaz@uzhnu.edu.ua

As part of this study, the role of the chemical experiment in the modern chemical education system was analyzed; particularly its functions within the framework of the concept "New Ukrainian School". The main tools for developing research skills in high school students were characterized in detail, and the importance of using appropriate didactic methods and effective management of the learning process was emphasized. These elements ensure a targeted search for explanations and justifications of patterns, relationships, and interdependencies between facts and processes.

A series of experiments aimed at developing students' research abilities were proposed, and graphical representations of changes in research activity levels within the control group of students were

provided. A criterion for assessing the level of interest in experimental work among students was presented. The idea that attentiveness and focus during chemistry lessons play a crucial role in fostering students' research activity was confirmed.

It was also confirmed that providing experimental work with 10th-grade pupils at the general secondary school in Velyki Luchky had a significantly positive impact on the development of research interest in the control group. While using virtual laboratories, students encountered several challenges: managing time and maintaining focus on the material (20%), understanding lessons due to difficulties in formulating questions for the teacher (33%), and the fast pace of content delivery (17%).

Keywords: chemistry lessons, teaching effectiveness, research skills, interest, virtual chemistry laboratories, student engagement.

References

1. Pro zatverdzhennja Typovogho pereliku zasobiv navchannja ta obladnannja dlja navchalnykh kabinetiv i STEM-laboratorij: nakaz Ministerstva osvity i nauky Ukrainy vid 29.04.2020 r. # 574. Oficijnyj visnyk Ukrainy. 2020, 38, 113.
2. Anichkina O.V., Lystvan V.V., Vilenskyj V.O., Pysarenko S.V., Lysecjka Ju.V. Realizacija eksperymentu z organichnymy rehovynamy jak chynnyk motyvaciji do vyvchennja khimiji. *Nauka i osvita: Naukovo-praktychnyj zhurnal Pivdennoho naukovogho centru NAPN Ukrainy*. 2023, 1, 3–10.
3. Anichkina O., Avdjejeva O., Jevdochenko O., Kaminskyj O., Pysarenko S., Chumak V. Khimichnyj eksperyment u shkoli ta vdoma: navchalnyj posibnyk. Zhytomir: *Vyd-vo ZhDU im. I. Franka*, 2024. 386 s.
4. Babenko O.M., Kharchenko Ju.V., Licman Ju.V. Problemy ta vyklyky dystancijnogho navchannja khimiji u zakladakh zaghaljnoji serednjoji osvity. *Aktualni pytannja pryrodnycho-matematychnoji osvity*. 2020, 2 (16), 20–28.
5. Babenko O.M. Khimichnyj eksperyment v umovakh dystancijnoji osvity. *Aktualni pytannja pryrodnycho-matematychnoji osvity: zbirnyk naukovykh pracj*. Sumy: *SumDU imeni A. S. Makarenka*. 2022, 1 (19), 123–131.
6. Velychko L., Voronenko T., Netrybichuk O. Metodychni rekomendaciji z vyvchennja kursiv za vyborom z khimiji. 10–11 klasy: metodychni rekomendaciji [Elektronne vydannja]. Kyjiv: *Pedagoghichna dumka*. 2022, S. 56.
7. Gherasymenko A.M. Vykorystannja kvest-tehnologij na urokakh khimiji. *Materialy I Vseukrajinskoji naukovo-praktychnoji internet-konferenciji «Suchasnyj osvitnij prostir – dosvid, poshuk, rezul'tat»*. Sumy, *Ukraina*. 2023, 16.
8. Ghrachova N.V., Makjejev S.Ju. Domashnij khimichnyj eksperyment jak zasib formuvannja doslidnyckoji kompetentnosti uchniv. *Kharkivskyj pryrodnychyj forum: VII Mizhnar, konf. molod. uchenykh, Kharkiv*, 16–17 trav. 2024 r. Kharkiv, 2024, 53–55.
9. Melnychenko N.O., Stadnichuk O.M. Osoblyvosti khimichnogho eksperymentu v umovakh vymushenogho dystancijnogho navchannja. *Naukovi zapysky Vinnyckogho derzhavnogho pedagoghichnogho universytetu imeni Mykhajla Kocjubynskykogho. Serija: Teorija ta metodyka navchannja pryrodnychkh nauk*. 2023, 5, 43–52. Doi: 10.31652 / 2786–5754–2023–5–43–52.
10. Slyvka M.V., Labatij T.V., Bestricjka V.O., Korolj N.I., Canjko M.Ju., Stercho I.P., Miljovych S.S., Kryvov'jaz A.O., Onysjko M.Ju. Efektyvnistj osvitnykh tehnologij navchannja khimiji v suchasnij ukrajinskij shkoli. *Nauk. visnyk Uzhghorod. un-tu (Ser. Khimija)*. 2024, 1(51), 64–69. Doi: 10.24144/2414–0260.2024.1.64–69.
11. Smirnova O.V., Sulim O.Gh. Provedennja praktychnykh zanjatj z medychnoji khimiji pid chas dystancijnogho navchannja. *Visnyk Vinnyckogho nacionaljnogho medychnogho universytetu*. 2023, 27(2), 274–278. Doi: 10.31393 / reports-vnmedical – 2023–27 (2) – 16.
12. Chebotarjov O.M. Pozaklasna robota z khimiji: metod. posib. dlja studentiv fakul'tetu khimiji ta farmaciji specialnosti «Serednja osvita (Khimija)». Odesa: *Odes. nac. un-t imeni I. I. Mechnykova*, 2020. S.98.
13. Shtylj K.V. Formuvannja ponjatj pro khimichnu reakciju zasobom uzhytkovogho eksperymentu: kvalifikacijna robota / naukovyj kerivnyk – k. kh. n., docent Viktorija Ghryghorivna Stoljarenko. Kryvyj Righ, 2024. S.58.
14. Chans G., Bravo-Gutiérrez M.E., Orona-Navar A., Sánchez-Rodríguez E.P. Compilation of Chemistry Experiments for an Online Laboratory Course: Student's Perception and Learning Outcomes in the Context of COVID – 19. *Sustainability*. 2022, 14, 2539. Doi: 10.3390 / su14052539.
15. Kennepohl D. Laboratory activities to support online chemistry courses: a literature review. *Canadian Journal of Chemistry*. 2021, 99 (11), 851–859. Doi: 10.1139 / cjc – 2020–0506.
16. Santiago D.E., Melián E.P., Reboso J.V. Lab at home in distance learning: A case study. *Education for Chemical Engineers*. 2022, 40, 37–44. Doi: 10.1016 / j. ece. 2022.05.001.