

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

Природничо-географічний факультет

Кафедра біології людини, хімії та методики навчання хімії

**Саніна Наталія Валеріївна**

**ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПІД  
ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ**

Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)

Галузь знань: 01 Освіта/Педагогіка

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня магістра

Науковий керівник:

\_\_\_\_\_ Ю. В. Харченко

кандидат хімічних наук, доцент,  
ст. викладач кафедри біології людини,  
хімії та методики навчання хімії

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Виконавець:

\_\_\_\_\_ Н. В. Саніна

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Суми 2021

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ.....	6
1.1. Сутність, переваги та недоліки дистанційного навчання.....	6
1.2. Засоби та інструменти дистанційного навчання.....	15
1.3. Особливості організації освітнього процесу на уроках хімії в умовах дистанційного навчання.....	24
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ...	28
2.1. Віртуальні хімічні лабораторії як засіб навчання хімії.....	28
2.2. Можливості використання віртуальної хімічної лабораторії під час дистанційного навчання.....	33
2.3. Методичні аспекти використання віртуальних хімічних лабораторій в умовах дистанційного навчання.....	35
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ .....	39
3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту.....	39
3.2. Результати педагогічного експерименту та їх аналіз .....	49
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

## ВСТУП

Зміни, що відбуваються в світі в цілому і Україні, зокрема, ставлять перед сучасною школою нові завдання і спонукають до пошуку нових та видозміни традиційних форм, методів та прийомів навчання.

Шкільна освіта на сьогодні має знайти відповідь на два основні виклики: не припинити освітній процес у зв'язку з карантинними обмеженнями зумовленими пандемією CoVID-19, та знаходити нові форми роботи, пов'язані з тотальною діджиталізацією, що проникає в усі сфери людського буття. Ні для кого не є секретом, що в школі зараз навчається покоління дітей, що мають небачені досі особливості. До таких слід віднести їхню зацикленість на цифрових комунікаціях, цифрових розвагах, їхню соціалізацію за допомогою мережі інтернет. Разом з тим чимало з них мають проблеми із встановленням соціальних контактів у реальному житті, а також так звану функціональну неграмотність, яка проявляється в нерозумінні великих, або синтаксично складних текстів. Усі ці проблеми потребують негайного розв'язання.

Разом з цим, вимушений перехід школи до дистанційної форми навчання поставив перед педагогічними працівниками задачу надзвичайно швидкого опанування новими формами і методами навчання, адаптації до шкільної освіти інструментарію, що досі використовувався здебільшого у закладах вищої освіти і тому орієнтований на більш свідомого і здатного до самостійної роботи студента.

Питання впровадження та розвитку дистанційної освіти висвітлюється у цілому ряді робіт як зарубіжних: Р. Деллінг, Д. Кіган, М. Сімонсон, М. Томпсон та ін., так і вітчизняних науковців: Г. Козлакова, В. Олійник, А. Хуторський та ін. [9, 43]. Велика увага приділяється також і впровадженню інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчання [26, с. 2-7]. У цьому контексті значний інтерес для учителів, особливо учителів дисциплін природничого циклу, представляють віртуальні лабораторії [25], оскільки

вони дозволяють інтегрувати експеримент у процес навчання, у тому числі й дистанційного, та зробити його незалежним від лабораторно-технічного оснащення школи.

Отже, перед сучасною школою стоїть складне завдання: віднайти нові способи подачі навчальної інформації та адаптувати їх до застосування в дистанційній освіті.

*Актуальність* роботи полягає у необхідності теоретичної розробки і впровадження у практику нових прийомів та методів викладання хімії, що спираються на можливості ІКТ та технології віртуального моделювання хімічних об'єктів та явищ.

*Мета роботи* полягає у теоретичному обґрунтуванні можливості використання віртуальних хімічних лабораторій та перевірці їх ефективності на уроках хімії під час дистанційного навчання.

*Завдання:*

1. Провести аналіз методичної та дидактичної наукової літератури для виокремлення основних проблем організації дистанційного навчання.
2. Визначити та теоретично обґрунтувати можливості використання віртуальних хімічних лабораторій у навчанні хімії.
3. Перевірити ефективність використання віртуальної хімічної лабораторії в умовах дистанційного навчання.
4. Розробити методичні рекомендації по використанню віртуальної хімічної лабораторії під час дистанційного навчання.

*Об'єкт дослідження:* навчальний процес з хімії у закладах середньої освіти під час дистанційного навчання.

*Предмет дослідження:* використання віртуальних хімічних лабораторій в процесі дистанційного навчання.

*Методи дослідження:*

1. Аналіз, систематизація та узагальнення даних педагогічної та методичної наукової літератури, педагогічного досвіду вчителів хімії, методистів та викладачів.

2. Анкетування та аналіз його результатів.

3. Проведення педагогічного експерименту з метою перевірки ефективності використання віртуальних хімічних лабораторій на уроках хімії під час дистанційного навчання.

*Наукова новизна* одержаних результатів полягає у теоретичному обґрунтуванні та формулюванні методичних рекомендацій по використанню віртуальної хімічної лабораторії під час дистанційного навчання.

*Практичне значення* одержаних результатів полягає в можливості безпосереднього впровадження випробуваних методик в практику викладання хімії особливо в умовах неспеціалізованої загальноосвітньої школи.

Основні результати кваліфікаційного дослідження відображено у 3 публікаціях, з них 2 – одноосібно.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків, 13 рисунків, 3 таблиці, загальний обсяг сторінок – 71, кількість використаних джерел становить 68.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ОРГАНІЗАЦІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ У ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

#### 1.1. Сутність, переваги та недоліки дистанційного навчання

До останнього часу поняття «дистанційна освіта» використовувалось для багатьох форм організації освітнього процесу – заочної, екстернатної, навчання на відстані, домашньої освіти, так званого «відкритого навчання» тощо. Очевидно, що всі ці форми навчання мають спільну рису – відсутність постійного безпосереднього спілкування учня і викладача, тому в 80х роках ХХ ст. в світі набуває вжитку поняття дистанційної освіти для позначення саме таких форм організації освітнього процесу на відміну від традиційного «очного» навчання.

Вперше ідея дистанційної освіти набуває втілення в ХІХ ст. Ще у 1840му році реформатор англійського правопису сер Айзек Пітман у Британії, а у 1856му Лангеншейдт та Тюссе в Німеччині пропонували проводити навчання шляхом поштового листування. Проте широкого поширення така форма навчання набуває вже у середині ХХ сторіччя коли прискорення науково-технічного прогресу створило необхідність у постійному підвищенні а часто і зміні кваліфікації працівників інженерної та управлінської ланки [22].

З 1906 р. функціонує Інтек коледж (<http://www.intec.edu.za/>), базований в Кейптауні, спеціалізований в галузі дистанційної освіти. Програми відповідають державним стандартам Південно-Африканської Республіки

У 1969 р. засновано Відкритий університет Великої Британії ([www.open.ac.uk/](http://www.open.ac.uk/)). Це незалежний навчальний заклад, що надає дорослим можливість продовжити або отримати другу вищу освіту. Викладання базовано на друкованих, аудіо-, відео- телевізійних матеріалах, а створена мережа консультативних центрів допомагає студентам отримувати допомогу не долаючи значних відстаней [57].

У 1984 р. в штаті Колорадо США почав роботу Національний технологічний університет ([www.ntu.edu/](http://www.ntu.edu/)). Створений як некомерційна корпорація, він по суті є інтегратором освітніх програм понад 40 університетів Сполучених Штатів, забезпечуючи потреби національної економіки в інженерах та адміністраторах. Навчальні матеріали до останнього часу записувались на відеомagnetofon і поширюються поштою, факсом, електронною поштою тощо [65].

Уряд Канади, враховуючи освітні потреби населення північних та малонаселених територій у 1970 р. відкрив університет Атабаска ([www.athabascau.ca](http://www.athabascau.ca)), за два роки перетворивши його на університет нетрадиційних форм освіти, що надає ступінь бакалавра за напрямками управління, торгівля, мистецтво, а також магістерський ступінь з дистанційної освіти. Так само враховуючи потреби франкофонів, уряд Квебеку в 1972 р. відкрив Телеуніверситет (<http://www.telug.quebec.ca/>), що здійснює викладання французькою мовою [55].

Стрімко зростаюча китайська економіка потребувала великої кількості кваліфікованих кадрів, яку не могла забезпечити традиційна система освіти. Тому в 1979 р. було створено національну систему радіо- та телевізійних університетів (CRTVU) (<http://www.crtvu.edu.cn/>), головний офіс якого створює друковані, аудіо-, відео- та телевізійні матеріали та встановлює освітні стандарти, а широка мережа філій і тьюторів забезпечує студентів консультаційними послугами [66].

Слід зазначити, що в Радянському Союзі дистанційна освіта переважно мала вигляд заочної форми навчання, навчальні матеріали студент отримував у навчальному закладі, куди змушений був приїздити щонайменше на два тижні щопівроку, при цьому за місцем роботи такий здобувач освіти мав додаткову оплачувану відпустку на час сесії [31].

Звичайно, що перелік закладів, що ще в минулому столітті надавали послуги дистанційної освіти є значно ширшим. Проте можемо зробити деякі висновки. Дистанційна освіта набувала розвитку і поширення завдяки тому,

що по-перше розвиток економіки і суспільних відносин потребував освіченого людського ресурсу, а по-друге все більш широкі верстви населення прагнули здобувати нову спеціальність, отримувати вищу або другу вищу освіту, таким чином запит формувався одночасно з двох боків. Особливістю дистанційного навчання в той час слід визнати націленість його на надання спеціальної або вищої освіти дорослому населенню [68]. Тобто про дистанційну освіту для дітей або рівня загальноосвітньої школи в помітному масштабі мова не йшла.

Подальший розвиток дистанційне навчання отримало внаслідок стрімкого зростання продуктивності електронно-обчислювальної техніки, коли персональний комп'ютер зміг обробляти будь-які види мультимедіа а комунікації дозволили з прийнятною швидкістю передавати такі медіа від одного комп'ютера до іншого незважаючи на відстань. Відтепер вартість копіювання навчальних матеріалів, а так само і їх поширення знижувалась майже до нуля.

Для ліквідації відставання України від провідних світових держав у сфері розвитку ІКТ було прийнято Національну програму інформатизації [52], від якої зазвичай і починають відлік розвитку сучасного дистанційного навчання в Україні.

Саме із розвитком інформаційних технологій можна пов'язати зміну змісту поняття дистанційного навчання.

Якщо у 1988 р. Х. Перратон вважала дистанційним процес навчання, в якому значна частина викладання ведеться кимось віддаленим у просторі або часі від учнів [3], то більш сучасні дослідники вважають саме ІКТ невід'ємним атрибутом такої форми навчання. Так, у Великому тлумачному словнику української мови вже у 2005 р. наведено поняття дистанційного навчання як «навчання за допомогою листування, телебачення, радіо, мережі Інтернет, телефону, публікацій у газеті за обмеженого контакту з викладачами» [12], а прийняте вже в 2013 р. Положення про дистанційне навчання визначає це поняття як «індивідуалізований процес набуття знань,



умінь, навичок і способів пізнавальної діяльності людини, який відбувається в основному за опосередкованої взаємодії віддалених один від одного учасників навчального процесу у спеціалізованому середовищі, яке функціонує на базі сучасних психолого-педагогічних та інформаційно-комунікаційних технологій» [51].

Слід зазначити, що ІКТ хоч і є складовою дистанційного навчання, проте не визначальною, оскільки існує також поняття електронного навчання, «e-learning», тобто навчання, базованого на широкому застосуванні комп'ютерних та мобільних технологій. Дослідники цього питання звертають увагу, що ці поняття іноді вважають синонімічними, а іноді – взаємодоповнюючими [10]. На нашу думку ключовою відмінністю є саме стиль взаємодії викладача і студента: за дистанційного навчання роль викладача хоч і набуває більше рис тьютора чи консультанта, проте повністю не нівелюється, викладач продовжує контролювати навчальний процес, а у випадку з електронною освітою навчальний процес побудовано таким чином, аби студент опановував курс в основному самостійно.

Сучасні дослідники надають багато формулювань поняттю «дистанційна освіта», проте суть їх, так само як і визначення законодавців зводиться до двох ключових ознак: взаємодія учителя і учня відбувається на відстані і в спеціалізованому середовищі на базі ІКТ.

Також істотним моментом у формуванні явища дистанційної освіти є те, що знову як і в минулому та позаминулому сторіччі воно було зорієнтоване на студентів та дорослих осіб, що отримували додаткову освіту. Більшість дистанційних освітніх програм жодним чином не задовольняли потреби в отриманні загальної середньої освіти. Навіть після початку збройної агресії РФ в Криму та на Сході цільовою аудиторією більшості програм дистанційної освіти так само залишались студенти ВНЗ. Освітні потреби школярів на окупованих територіях задовольнялися в основному шляхом організації екстернатного навчання, оскільки вищезгадане Положення про дистанційне навчання хоч і поширювалось на

загальноосвітні навчальні заклади (у первісній версії), проте висувало додаткові умови як то: наявність спеціально підготованого викладацького складу, швидкісного доступу до інтернету, ліцензійного програмного продукту тощо. Об'єктивно не можна назвати такі вимоги завищеними, проте сама їх наявність жодним чином не мотивувала загальноосвітні школи до організації навчання за дистанційною моделлю. До початку пандемії COVID-19 навіть карантинні заходи в школах виглядали зазвичай як одно- чи двотижневі канікули.

Розвиток пандемії висунув перед національними урядами задачі організації жорстких карантинних обмежень, у тому числі і заборону на відвідування учнями своїх навчальних закладів. Досвід першого локдауну показав як масову неготовність шкіл, учнів та учителів до проведення занять в дистанційній формі [8], так і невідповідність законодавчої бази реаліям, що склалися. Тому у вересні 2020 р. було прийнято Положення про дистанційну форму здобуття повної загальної середньої освіти [21], яке конкретизувало задачі і методи організації дистанційного навчання в школах.

Порівняно з раніше виданими нормативними актами конкретизовано права і обов'язки навчальних закладів в процесі організації дистанційного навчання. З'являється вимога про організацію не менше 30% навчального часу в синхронному режимі, хоча зроблено виключення для учнів, які з об'єктивних причин не можуть займатися в такому режимі: в цьому випадку школам дозволено використання інших засобів комунікації, доступних для учнів (телефонний, поштовий зв'язок тощо). Загалом зміст, форми і засоби проведення конкретного заняття обирається учителем виходячи з поняття академічної свободи, проте в межах прийнятої в школі освітньої платформи та комунікаційних сервісів. Також сформульовано вимогу про дотримання законодавства про освіту, захист персональних даних а також, що особливо важливо для школярів дотримання санітарних правил і норм (щодо формування розкладу навчальних занять, рухової активності, вправ для очей, безперервної тривалості навчальної діяльності з технічними засобами

навчання, тривалості виконання завдань для самопідготовки у позанавчальний час). Крім того вказано на обов'язки батьків сприяти виконанню дитиною програми, дотриманню академічної доброчесності а також дбати про фізичне та психічне здоров'я дітей.

Згідно нашого досвіду процес дистанційного навчання в школах на осінь 2021 р. набув загалом такого вигляду: уроки відбуваються згідно розкладу, проте форма і режим проведення такого уроку визначається безпосередньо учителем. Це може бути як онлайн-урок з використанням мультимедійних засобів так і самостійна робота учнів за допомогою матеріалів, що учитель підготував до конкретного уроку. Результати роботи учні надсилають в електронній формі засобами прийнятої в школі онлайн-платформи. Для контролю навчальних досягнень учнів широко застосовуються сервіси онлайн-тестування. Облік відвідування і успішності учнів ведеться в електронних журналах із наданням доступу батькам або особам, що їх замінюють.

Обговорюючи переваги дистанційної шкільної освіти, насамперед слід зазначити, що один факт існування такого способу організації освітнього процесу - вже неабияка перевага, оскільки дозволяє не переривати навчання в умовах, що склалися. Важко собі уявити, на що був би схожий навчальний процес, якби карантинні заходи порівняного з нинішнім масштабу було введено навіть 20 років тому. Тобто дистанційна освіта дозволяє не переривати навчання в умовах неможливості відвідування школи, чи це стосується всього загалу школярів в умовах карантину чи учнів з особливими потребами взагалі.

По-друге, дистанційне навчання дозволяє перерозподілити навантаження учня більш раціонально, як в контексті планування робочого часу, так і в контексті вибору пріоритетних навчальних предметів для учнів старшої школи. Це призводить до зменшення психологічного навантаження на дітей, у них з'являється більше вільного часу. Відтерміноване виконання

самостійних і контрольних робіт так само знижує рівень тривожності і стресу [23].

По-третє, учні навчаються самоосвіті. Швидкість, з якою змінюється світ надає процесу навчання перманентний характер. Аби відповідати новим умовам сучасна людина мусить безперервно знаходитися в процесі набуття нових знань, умінь і навичок, а найпростіший спосіб цього – онлайн-самоосвіта [29].

Не зважаючи на наведені переваги дистанційного навчання ми, як і більшість колег-практиків шкільної освіти, не є його прихильниками в порівнянні з традиційним очним навчанням, оскільки з власного досвіду та аналізу публікацій з даної проблеми впливає, що недоліків у такої форми навчання значно більше ніж переваг.

Найголовніше, на нашу думку, це те, що найбільша перевага дистанційного навчання – самостійність та автономність, застосована до школярів з недостатнім рівнем мотивації та самодисципліни, призводить до вкрай низьких результатів навчання. Оскільки більшу частину навчального матеріалу учень змушений опрацьовувати і засвоювати самостійно, то за відсутності зовнішнього контролю процес навчання практично зводиться до виконання письмових і тестових завдань. Таким чином результат навчання прямо залежить від рівня мотивації учня [56].

Звідси впливає і другий недолік – батьки змушені приділяти навчанню своїх дітей більше уваги. Саме на них тепер лягли обов'язки зовнішнього контролю за процесами навчання дітей, що спричиняє додаткову напругу в стосунках з дітьми. Варто визнати, що чимала кількість батьків в питаннях навчальної діяльності покладається лише на школу.

По-третє організація дистанційного навчання вдома для багатьох учнів також породила цілий ряд проблем: організація виділеного робочого місця (дуже часто під час конференцій в кадрі з'являються батьки, інші члени сім'ї, які відволікають учня чи вимагають його уваги), доступ до комп'ютера чи гаджетів, особливо за наявності декількох школярів у родині тощо. Саме

тому в Положенні про дистанційну форму здобуття повної загальної середньої освіти окремо вказано на обов'язок батьків всемірно сприяти навчальній діяльності дітей [21, ч.І п.13].

Перехід до дистанційної форми навчання виявив часткову технічну неготовність до такої форми як з боку школярів, так і з боку навчальних закладів. Не всі учні стовідсотково забезпечені засобами доступу до мережі інтернет, навіть мобільні телефони є не у всіх в наявності. Школи в більшості є підключеними до високошвидкісного інтернету, проте дуже часто, особливо в сільських школах, вчителі змушені використовувати власні комп'ютери чи гаджети. Не готовою виявилась і інфраструктура – села подекуди позбавлені швидкісного інтернету, або необхідне встановлення досить вартісного обладнання для такого доступу [34].

Важким для багатьох учителів виявився перехід до дистанційної форми. Власне, під час першого карантину ще не було досвіду роботи в таких умовах, тому основною формою роботи було надсилання завдань і перевірка їх виконання через месенджери[8]. Це мотивувало якнайшвидше опановувати нові платформи та інструменти дистанційного навчання.

Ще одне питання гостро постало в цей період – питання об'єктивного і легітимного контролю за самостійністю та якістю виконання учнями різних видів контрольних робіт [27]. Найпоширенішою формою контролю знань під час дистанційного навчання стало онлайн тестування на різних платформах, хоча цей метод можна назвати об'єктивним дуже умовно. З нашого досвіду для підвищення такої об'єктивності варто застосовувати деякі прийоми на кшталт обмеження в часі, перемішування питань і відповідей, створення оригінальних тестів з режимом доступу для обмеженого списку логінів.

Наступне, на що варто звернути увагу – соціалізація школярів. Тотальна «гаджетизація» призводить до втрати ними соціальних навичок, вміння спілкуватися наживо, а карантинні заходи ще більше загострюють цю проблему. Окрім того, причина, через яку дистанційне навчання не набувало досі помітного поширення – ефект живого спілкування учня та учителя, який

є особливо важливим в молодшій школі [47]. Також не слід забувати, що окрім навчального компонента в освітній діяльності є ще й виховний, і його реалізація в умовах дистанційного навчання також набуває проблемного характеру [36].

Однією з таких, що мають найбільшу гостроту, нам видається проблема реалізації практичного компонента навчальних програм. Можливо для предметів гуманітарного циклу це не так важливо, а от для природничих – фізики, хімії, біології виконання лабораторних та практичних занять стає можливим лише у віртуальному середовищі. На наш погляд запропоновані на сьогоднішній момент способи вирішення проблеми не дозволяють повністю її розв'язати. Жодне відео, трансляція чи навіть віртуальна лабораторія не дає ані належного мультисенсорного ефекту, ані практичної навички елементарного переливання реактивів, налаштування освітлення поля мікроскопа чи складання електричного ланцюга.

І остання в нашому списку, але найперша за важливістю – проблема збереження здоров'я учня. Не секрет, що робота за комп'ютером, а під час дистанційного навчання такий спосіб роботи стає вирішальним, відноситься до робіт зі шкідливими умовами праці. Збереження зору, постави, підтримання нормальної рухової активності, перебування на свіжому повітрі – це має стати одним з вирішальних факторів як для учителів при плануванні дистанційної роботи, так і для батьків які турбуються про своїх дітей.

Окрім повноцінного дистанційного навчання може також застосовуватись так зване змішане навчання – коли деякі класи займаються вдома, а деякі – в школі. Інший варіант проведення змішаної форми – коли в межах одного класу лише частина учнів займається дистанційно. Як показують дослідження [1, 32] перший варіант є більш прийнятним, оскільки дає учителеві можливість зосередитись на одному виді діяльності, не розпорошуючи увагу.

Підсумовуючи наведене, можемо зробити висновок: дистанційне навчання в загальноосвітній школі на сьогоднішньому рівні застосування

можна розглядати лише як спосіб не переривати навчальний процес в умовах карантину, оскільки успішність його застосування залежить від багатьох факторів – мотивації учня, його і учителя технічної грамотності та оснащеності, рівня розвитку дидактичного забезпечення і часто не вирішує дуже багатьох проблем – соціалізації учнів, об'єктивного оцінювання навчальних досягнень, принципової неможливості виконання деяких видів робіт тощо.

## **1.2. Засоби та інструменти дистанційного навчання**

В процесі дистанційного навчання можна виділити три основних задачі.

### **1. Організація роботи школи в віртуальному середовищі.**

Ми маємо на увазі процеси групування учнів за класами, облік відвідування, оцінювання, платформа для комунікації на рівні учитель – клас (отримати завдання, консультацію, надіслати виконану роботу тощо), комунікації на рівні педагогічного колективу. Звичайно, більшість цих задач можна вирішити шляхом створення груп, чатів, конференцій в межах месенджерів або створенням додаткових розділів на сайті школи. Також під час дистанційного навчання досить широко використовуються соціальні мережі [44]. Проте існують інструменти, що створені спеціально під такі задачі, і до того ж мають значно ширший функціонал.

Облік успішності і відвідування учнів традиційно ведеться в класному журналі, а розклад уроків, домашні завдання та отримані оцінки – в учнівському щоденнику. Зрозуміло, що паперова документація еволюційно замінюється електронним документообігом, проте ще досить значно частка шкіл не перейшла на ведення електронних журналів. Разом з тим при переході на дистанційну форму навчання паперовий документообіг стає незручним, постає проблема агрегації домашніх завдань для учня і інформування про навчальні успіхи дитини – для батьків. Електронні

журнали мають чимало переваг, порівняно зі своїми традиційними аналогами [58]. По-перше, постійна доступність оцінок та відомостей про відвідування всім зацікавленим особам – керівництву школи, класному керівникові, учителю-предметникові, учневі, його батькам. По-друге, під час проведення занять в звичайному режимі, відсутність паперового щоденника і журналу помітно економить час і практично зводить нанівець конфліктні ситуації з приводу ненадання учнем щоденника для записів. По-третє, зникає традиційне учнівське запитання «А що нам задавали?» - електронний щоденник однозначно дає відповіді на всі запитання і учням і їхнім батькам, що додатково підвищує мотивацію до навчання. Звичайно, що існують і недоліки. Деякі системи шкільної документації є платними, а безплатні можуть надавати лише базовий функціонал або навіть час від часу не обробляти запити через перевантаженість. Також до мінусів таких електронних сервісів маємо віднести і витрати на впровадження та навчання персоналу. Залежно від налаштувань існує можливість виправляти оцінки, що разом з поблажливим ставленням учителя іноді спричиняє дещо легковажне ставлення учнів до систематичності виконання завдань. Проте на нашу думку, перехід на ведення електронної документації – це, беззаперечно прогресивний і своєчасний, а в умовах дистанційного навчання ще і безальтернативний крок.

В Україні вже існує декілька інтегрованих систем шкільного обліку, що містять в собі реєстр учнів, класні журнали, мають функції розкладу, домашнього завдання, формування як внутрішньшкільної звітності, так і інформування батьків.

За розпорядженням МОН України Інститут освітньої аналітики розробив і впроваджує програмно-апаратний комплекс «Автоматизований комплекс освітнього менеджменту», в рамках розвитку якого впроваджено систему електронної шкільної документації (<http://e-journal.iea.gov.ua>). Впровадження такого ІТ рішення є особливо актуальним для тих шкіл, які не



можуть собі дозволити закупівлю альтернативних комерційних програмних продуктів.

Ще однією платформою, що дозволяє вести електронний шкільний документообіг є «Нові Знання» (<https://nz.ua>). Інтегрована з всеукраїнською системою шкільного обліку «Курс. Школа» для користувачів цієї системи є безкоштовною.

Сервіс електронних журналів та щоденників надають платформи [atoms.com.ua](http://atoms.com.ua) та [e-schools.info](http://e-schools.info). Також нами було встановлено, що деякі школи мають власноруч розроблені сервіси електронних журналів, наприклад Кагарлицька ЗОШ №1 Київської обл. (<http://jou.ho.ua/index.html>), які хоч і не вирізняються довершеним дизайном, проте через низьку кількість запитів можуть надійно працювати просто на шкільному сервері або безплатному хостингу.

Для розробки, управління та поширення навчальних матеріалів існують системи управління освітою (CVO, Learning Management System, LMS). Ці матеріали створюються у візуальному навчальному середовищі із заданою послідовністю вивчення, і включають в себе як індивідуальні завдання, так і групові (для частини або всієї групи). На даний момент створено чимало таких систем, проте в Україні найбільшого розвитку отримали дві з них – MOODLE та Google Aps for Education.

MOODLE (модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище) – безкоштовна відкрита система управління дистанційним навчанням. Зазначена платформа дозволяє використовувати широкий спектр інструментів для взаємодії вчителя, учнів та адміністрації закладу освіти. Зокрема надає можливість представлення навчального матеріалу у різних форматах (текст, презентація, відеоматеріал, веб-сторінка; урок – сукупність веб-сторінок з можливим проміжним виконанням тестових завдань); здійснення тестування та опитування школярів з використанням запитань закритого (множинний вибір правильної відповіді та співставлення) і відкритого типу; виконання завдань учнями з можливістю пересилання

відповідних файлів. Крім того, система має широкий набір інструментів моніторингу навчальної діяльності учнів. Наприклад, щодо тривалості роботи учня з конкретним навчальним курсом, відповідними темами або складовими елементами навчального матеріалу, загальної успішності учня або класу в процесі виконання тестових завдань тощо [42, 53]. Moodle є кросплатформеним програмним продуктом, що має комерційну версію, проте в основному поширюється вільно за ліцензією GPL (тобто право вільно поширювати, досліджувати та модифікувати) з відкритим кодом. До 2019 р. MOODLE де-факто був найпоширенішим інструментом дистанційної освіти, а оскільки така форма освіти була в основному представлена в закладах вищої освіти, то такою ситуація і залишилась – в університетах основною платформою дистанційної роботи став MOODLE, в ЗСЗО – Google Aps.

На відміну від Moodle, Google Aps for Education є не встановлюваним програмним продуктом, а набором онлайн-сервісів з високим ступенем інтеграції, що реалізують філософію хмарно-орієнтованої системи управління навчанням. Основна умова – наявність облікового запису (акаунту) Google. Треба також звернути увагу, що можливості сервісів можуть сильно різнитися залежно від наявності шкільного домену, зареєстрованого в Google як такого, що належить освітній установі.

В контексті безпосередньо комунікативного шкільного середовища виступає сервіс Google Classroom, що дозволяє створювати класи, курси, навчальні матеріали, завдання, отримувати результати роботи учнів, коментувати їх та оцінювати.

Нами було виявлено два підходи до створення курсів засобами Classroom: один формується на основі існуючого класу, а завдання навчальних предметів представлено в формі окремих тем. Інший підхід, на нашу думку, більше відповідає філософії системи управління курсами – для кожного класу з окремого предмету створюється окремий навчальний курс. Виходячи з нашого досвіду зазначимо, що створювати окремий курс для

кожного предмету кожного класу варто за умови невеликої кількості класів, у випадку ж наявності паралелей і викладання одним учителем декількох навчальних предметів, більш доцільним буде зменшення кількості курсів до кількості класів [38].

2. Створення та зберігання навчальних матеріалів. Навчальні матеріали найчастіше мають вигляд документів, презентацій, відео, графічної інформації тощо. Створення документів та презентацій на сьогоднішній момент є обов'язковим компонентом ІТ-компетентності, тому вибір інструмента повністю залежить від викладача [7]. Найчастіше це інсталюваний MS Office, хмарний сервіс Office 365, онлайновий Google документи, вільно поширюваний Libre Office. Всі ці програмні продукти створюють документи в єдиному форматі, що в абсолютній більшості випадків виключає проблеми сумісності на різних пристроях.

Звичайно що не самими документами обмежується коло навчальних матеріалів. Є безліч новітніх інструментів навчання, що на нашу думку заслуговують на увагу. Наприклад - сервіс інтерактивних онлайн-дошок на кшталт Padlet (<https://padlet.com>), в якому можна створити віртуальне полотно з розміщеними на ньому графічними, текстовими, мультимедійними матеріалами.

Дещо схожі на онлайн-дошки так звані інтерактивні робочі аркуші – веб-сторінки, на яких розміщується навчальний матеріал і завдання або запитання для учнів, тобто ще інструмент, в межах якого можна викласти матеріал і проконтролювати його засвоєння, причому перевірка правильності здійснюється автоматично, що досить відчутно економить час. Створювати такі робочі аркуші дозволяють Wizer (<https://wizer.me>), LearningApps (<https://learningapps.org>), Classkick (<https://classkick.com>).

Надзвичайно важливим компонентом навчального матеріалу є відео. Фактичним лідером зі зберігання відео є YouTube – безкоштовний, з добре організованим пошуком, інтегрований з іншими сервісами Google. Посилання, які створює YouTube, дозволяють переглядати все відео, або

фрагмент, починаючи від довільно обраного моменту. Якщо необхідно відредагувати завантажене або власне відео, можна скористатися як програмними продуктами (від Windows MovieMaker до Vegas Pro) так і безкоштовними онлайн-сервісами відеоредагування такими як повністю україномовний Canva ([https://www.canva.com/uk\\_ua/](https://www.canva.com/uk_ua/)), або чудово інтегрований з Google та Zoom, проте умовно-безкоштовний Clapchamp (<https://clipchamp.com/en/>) тощо.

Безсумнівно важливим елементом дистанційного навчання є онлайн тестування - і як засіб закріплення вивченого матеріалу, і як інструмент оцінювання. В Інтернеті існує безліч інструментів для створення чи використання готових тестових завдань.

Серед сервісів Google представлений Google Forms. Легко інтегрований з будь-якими іншими сервісами Гуглу, дозволяє створювати анкети, опитування, тести безпосередньо з середовища Classroom. Завдяки такій інтеграції і тестування і результати доступні з будь-якої платформи в режимі реального часу і дозволяють легко візуалізувати результати в формі графіків або діаграм [17].

Вітчизняні освітні портали НаУрок (<https://naurok.com.ua>), МійКлас (<https://miyklas.com.ua>) та Всеосвіта (<https://vseosvita.ua>) серед інших функцій мають також конструктори тестів і величезну бібліотеку уже розроблених тестових завдань. Серед недоліків можемо зазначити необхідність реєстрації класів або курсів і пов'язану з цим проблему доброчесності тестування, адже нічого не заважає зайти під чужим ім'ям аби побачити правильні відповіді або просто заздалегідь ознайомитись з питаннями. Найкраще, коли така реєстрація відбувається централізовано на рівні школи, проте в такому випадку виникають проблеми із вибором платформи (очевидно, що вона має бути єдина для всієї школи) і стає третьою після системи управління освітою та електронних журналів реєстрацією всього шкільного колективу, що доволі обтяжливо.

Проте проблему недобросовісності учнів під час тестування можна розв'язати. Наприклад, портал Quizizz ([quizizz.com](https://quizizz.com)) легко інтегрується з найбільш популярними системами управління освітою, такими як Classroom, Schoology або Canvas, тому доступ до прихованого тесту можливий лише з акаунту, що асоційовано з Classroom. Власне, єдино можливий спосіб чесного онлайн-тестування – використання власних тестів, які до того ж збережено в приватному режимі. Відповідно, побачити його можна лише обмеженому колу попередньо зареєстрованих користувачів.

Досить популярним є освітній портал Kahoot (<https://kahoot.it>). В базовому, безкоштовному тарифному плані має досить суттєві обмеження, не має українського інтерфейсу, проте також інтегрується з Classroom, принаймні на етапі поширення завдання для учнів.

Цікаву особливість має портал Онлайн Тестпад (<https://onlinetestpad.com/ua>) – крім того, що, як і решта сервісів, він дозволяє відкрити відповідь, тут ще можна прикріпити як відповідь голосове повідомлення, що може бути корисним, наприклад, при вивченні іноземних мов. Має частково українізований інтерфейс.

Звичайно, в умовах дистанційного навчання постає проблема зберігання, поширення і спільної роботи над файлами. Вирішують цю проблему хмарні сховища. Так наприклад Google Drive дозволяє безкоштовно зберігати 17 ГБ для персонального акаунту, Microsoft OneDrive – 5 ГБ, Dropbox – 2 Гб. Кожен із сервісів має свої переваги. Так Google Drive є невіддільною частиною решти застосунків Google і дозволяє редагувати і переглядати документи просто в браузері Chrome. OneDrive преінстальовано в операційну систему Windows, інтегровано в файловий Провідник як окрему папку, тому робота з ним за достатньої швидкості з'єднання з інтернетом не відрізняється від роботи з локальним диском. Редагування документів можливе в будь-якому офісному пакеті від Microsoft – Office, Office365, Office Online. Особливість сервісу Dropbox – в спеціальному алгоритмі синхронізації файлів на комп'ютері та в хмарному сховищі: мережею

передається не весь файл, а лише відмінності від попередньої версії. Це суттєво заощаджує трафік, що може мати велике значення в місцевостях де немає безлімітного або високошвидкісного підключення.

3. Моментальні комунікації та синхронний режим навчання. Засоби для миттєвої комунікації є загальноновживаними та загальновідомими: це різноманітні месенджери. Вони власне і стали першим інструментом дистанційного навчання. Навіть через півроку після початку дистанційного навчання третина опитаних учителів використовувала Viber.

На нашу думку можливості месенджерів в дистанційному навчанні досить обмежені, але їх варто застосовувати за їхнім прямим призначенням – як засіб швидкого або неофіційного чи індивідуального спілкування. Вибір інструмента все ж більше залежить від учнів, а не від учителя. Так, звичний для багатьох Viber не є достатньо популярним серед школярів, тому варто застосовувати Telegram або інші застосунки. Іноді навіть варто створювати групи в соціальних мережах, в своїй роботі, наприклад, ми досить широко використовуємо сервіс повідомлень мережі Instagram саме через її популярність серед школярів. Групи в Viber можуть бути корисними як середовище спілкування всередині педагогічного колективу або для комунікації з батьківською спільнотою. Якщо школа має домен, зареєстрований в Google як корпоративний, то можна використовувати сервіс Currents призначений для спілкування з колегами, котрий поєднує в собі ознаки стрічки соціальної мережі і блога.

Згідно Положення про дистанційну освіту не менше 30% навчального часу має проходити у синхронному режимі, тобто в режимі відеоконференції. Такий спосіб зв'язку забезпечує велика кількість програмних продуктів – практично будь-який месенджер, що є самостійною програмою (Viber, Telegram, Whatsapp) чи вбудованою частиною клієнта соціальної мережі (Facebook, Instagram) може працювати в режимі відеозв'язку або відеоконференції. Проте саме велика кількість таких застосунків і різноманіття їхнього функціоналу спонукає до використання спеціалізованих

програм для онлайн-відеотрансляцій. Найбільшого поширення набули три з них. Створений багато років тому Skype на сьогоднішній момент втратив свої позиції лідера, хоча має достатні функції для проведення уроку в режимі онлайн – конференція на 50 користувачів, запис, чат, високу якість звуку і автоматичні субтитри. Якщо освітній заклад є партнером Microsoft або просто має підписку на Office365, варто звернути увагу на програму, що стала продуктом розвитку Skype for business - MS Teams. Як і всі найбільш популярні сервіси відеоконференцій, Teams містить весь необхідний інструментарій.

Досить зручним є інтегрований в Classroom Google Meet. Саме завдяки інтеграції з рештою сервісів, планування і запрошення користувачів на відеоконференцію виконується практично в два кліки. Можна просто підтягнути урок з розкладу в гугл календарі і призначити на нього відеоконференцію, тут же надіславши запрошення відповідному класові. Від створення призначений для корпоративного сектору, даний продукт мав деякі особливості, які зменшили його популярність в школах – наприклад, після переривання зв'язку з учителем адміністратором ставав хтось із учнів і необхідно було втрачати час на відновлення порядку. Станом на осінь 2021р цей і деякі інші недоліки усунуто.

Беззаперечним лідером уроків в синхронному режимі став Zoom. На нашу думку так сталося тому що на момент початку карантинних обмежень саме цей продукт надавав необхідний мінімум функцій – конференцію на 50 учасників, демонстрацію екрану, управління доступом до конференції, адміністрування аудіо- та відео потоків учасників, запис конференції тощо. Не зважаючи на те, що функціонал програм-конкурентів часом перевершує Zoom, продовжує грати роль ефект інерції, чимало вчителів не хочуть опановувати нові програмні продукти, якщо старий продовжує виконувати свої функції.

Таким чином, спираючись на вищенаведене, можна однозначно заявити – на сьогодні учитель має в своєму арсеналі багатий інструментарій для того,

щоб зробити дистанційне навчання цікавим, доступним і хоча б не менш ефективним, ніж традиційне.

### **1.3. Особливості організації освітнього процесу на уроках хімії в умовах дистанційного навчання.**

В умовах дистанційного навчання перед здобувачами освіти постають задачі самостійного опанування великих об'ємів інформації, крім того – розуміння вивченого, уміння робити висновки, формулювати і аргументувати свою думку. Зрозуміло, що такий стиль навчальної діяльності потребує від учня неабиякого рівня самоорганізації і самодисципліни, який в свою чергу є прямо корелює з рівнем мотивації. І саме з мотивацією учня, на нашу думку, є найбільша проблема, і корінь її в тому, що під час дистанційного навчання зменшується інтенсивність комунікації учня – з учителем, з однолітками, відповідно, дуже часто не утримуючи миттєвої оцінки свого успіху (як під час очного уроку), дитина поступово втрачає інтерес до навчання. Також слід зазначити, що для більшості дітей найбільш стимулюючою є групова робота, що включає в себе компонент змагання, а для багатьох педагогів реалізація звичних на уроці прийомів дистанційними інструментами досі є проблемною. Наприклад ми в своїй роботі застосовуємо т. зв. «живе тестування» на платформі Quizizz, під час якого в проміжках між питаннями учні бачать своєрідну турнірну таблицю, що додає процесові азарту і динаміки, і це відбувається під час Zoom-конференції, в режимі живого спілкування. Тому, власне для учителів хімії, так само, як і для решти їхніх колег, найголовніша задача – підтримувати рівень навчальної мотивації учня, саме ця проблема, на нашу думку, і вимагає найбільшої уваги під час дистанційного навчання.



Дистанційна освіта спирається на традиційний набір методів навчання, які, наприклад, за походженням інформації класифікують на словесні, наочні та практичні. Словесні методи, які сильно спрощуючи можна звести до розповіді та бесіди, на уроках хімії реалізуються без особливих проблем. Варто зазначити, що, оскільки хімія як навчальний предмет вивчається починаючи з 7го класу, такий спосіб як розповідь краще реалізувати за моделлю «учень-підручник» або «учень-комп'ютер», тобто залишити для самостійної роботи. Натомість для синхронного режиму полишити такі методи викладання як бесіда чи пояснення. В такому випадку досить ефективною стає методика «перевернутого навчання» [39], коли учні намагаються опанувати матеріал самостійно, а вже в синхронному режимі учитель відповідає на запитання і надає пояснення. В такому режимі іноді вдається побудувати роботу в групах, принаймні на рівні обговорення матеріалу.

Хімія, як і всі природничі дисципліни, під час свого вивчення вимагає дуже широкого застосування наочних методів навчання, тобто ілюстрування та демонстрації [54]. Високий ступінь абстракції навчальної інформації для успішного засвоєння її школярами у віці 12-16 років потребує її унаочнення. Варто звернути увагу, що найбільша кількість наочності в шкільних кабінетах завжди була саме в кабінетах природничих дисциплін. Крім того важливо, що до старших класів уже приходить покоління виховане виключно на візуальній інформації – починаючи від мультфільмів на DVD, і закінчуючи соціальними мережами з переважно візуальним контентом на кшталт Інстаграм. Через це абсолютна більшість школярів відчуває проблему з перетворенням інформації з символічної на образну, тому ілюстрування навчального матеріалу є обов'язковим.

Найпростішим в підготовці є спосіб подачі навчальної інформації в формі мультимедійної презентації, не переобтяженої текстом, з достатньою кількістю ілюстрацій, схем, діаграм, таблиць, логічним і послідовним викладенням [60]. Слід зауважити, що безліч презентацій, що викладено на

українських освітніх порталах часто призначено для мультимедійного супроводу під час традиційного уроку і потребує пояснень учителя а деякі створено просто нашвидкуруч, без урахування вікових і когнітивних особливостей школярів.

Дуже цікавим, на нашу думку, є спосіб чергування візуальної інформації і запитань, що потребують відповідей. Це можна реалізувати на робочих листках в Wizzer, або в так званих уроках Quizizz – поєднанні презентації і тесту.

Окремого обговорення потребує питання демонстрацій – тобто унаочнення за допомогою рухомих об'єктів, найчастіше відео. На нашу думку, формат відеоуроків, які запропонувало МОН на сьогоднішній час себе вичерпав. По-перше, підлітки з так званим «кліповим» сприйняттям не здатні концентруватися на відео протягом 20-30 хвилин. З тієї самої причини вони не сприймають досить монотонну подачу матеріалу, характерну для такого формату. Навчальні відео мають бути або дуже короткими (як відео додатки до підручників хімії видавництва «Ранок» [18]) або містити чималу розважальну компоненту. На жаль, на державному рівні досі немає розуміння важливості створення освітніх чи науково-популярних програм для молоді в сучасному форматі на кшталт російського «Галілео». Більшість спроб заповнити цей вакуум являють собою відеодемонстрацію тих же презентацій, озвучену монотонним голосом часто з поганою українською вимовою.

Таким чином, під час дистанційного навчання, за всіх проблем пов'язаних з його проведенням, можна виділити і переваги – збільшення наочності навчальної інформації саме завдяки тотальному використанню ІКТ [20]. Проте не варто забувати про кінестетичну пам'ять і мультисенсорне навчання [35], тобто - основне з побаченого на моніторі має бути законспектоване від руки, найкраще в формі таблиць або схем.

Третій метод навчання – практичний, застосований для безпосереднього пізнання дійсності, поглиблення знань, формування вмінь і навичок. До них належать: вправи, лабораторні, практичні й дослідні роботи.

Виконання вправ при дистанційному навчанні мало відрізняється від такого при традиційному, хіба складніше організувати аналог роботи біля дошки – коли один учень виконує вправу, а весь клас йому допомагає, обговорюючи матеріал. Онлайн-дошки, на жаль, в своєму звичному форматі є досить незручними для використання за допомогою комп'ютерної мишки, а проектування листка паперу на столі потребує додаткової камери і під час онлайн-конференції організація такої трансляції потребує забагато часу. В такому випадку простіше підготувати вправу на тому самому робочому аркуші, виконання якої учень транслює зі свого комп'ютера, супроводжуючи свої дії поясненнями.

Лабораторні роботи з хімії в більшості шкіл проходять у формі демонстраційного експерименту через брак посуду, реактивів, погане обладнання кабінетів і вимоги техніки безпеки [16]. На нашу думку, навіть демонстраційний експеримент є значно більш дидактично виправданий, ніж відеодемонстрація, оскільки несе значно більш сильне емоційне навантаження для сучасного школяра, аніж будь-яке відео. Тому організація відеотрансляцій лабораторних дослідів заслуговує на увагу з позиції співвідношення трудомісткості/дидактичний ефект. Тобто готувати складний дослід, виставляти додаткові камери запрошувати асистента навряд чи варто, тут справді може допомогти бібліотека відео дослідів на YouTube або інших ресурсах.

Найскладніша ситуація з виконанням практичних та дослідних робіт. Зазвичай вони мають на меті закріплення набутих знань, вмінь і навичок або отримання проблемної інформації, що потребує подальшого вивчення на уроках [45]. На уроках хімії це майже завжди вимагає спеціального обладнання та реактивів, хіба деякі з найпростіших дослідів можна провести вдома, наприклад, реакцію крохмалю з йодом або зміну забарвлення пелюсток іпомеї під дією оцту. Частково вирішити цю проблему допомагають засоби віртуалізації – симулятори та віртуальні лабораторії.



## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

#### 2.1. Віртуальні хімічні лабораторії як засіб навчання хімії

У розумінні сучасних дослідників і практиків [24, 46, 61], віртуальна лабораторія – це:

1. лабораторні установки з віддаленим доступом (цифрові і дистанційні хімічні і фізичні лабораторії);
2. програмне забезпечення (програмний комплекс, комп'ютерна програма, набір комп'ютерної інформації), що дозволяє моделювати лабораторні досліді;
3. навчальна система як частина інформаційної або віртуальної освітнього середовища, що включає навчальні, навчально-методичні, практичні, довідкові, контрольно-навчальні та контрольно-тестуючі матеріали.

В контексті дослідження навчальна хімічна лабораторія – це місце, де проводиться хімічний експеримент. Ми, звичайно, розглядатимемо віртуальні лабораторії саме як засіб комп'ютерного моделювання реальних хімічних процесів.

Хімічний експеримент є найважливішим методом і специфічним засобом навчання хімії, він знайомить учнів не тільки з явищами, а й методами хімічної науки. В процесі виконання експерименту учні набувають вміння спостерігати, аналізувати, робити висновки, звертатися з обладнанням і реактивами [15].

Розрізняють: демонстраційний експеримент (створення конкретних уявлень про хімічні об'єктах при вивченні нового матеріалу), досліді (допомагають вивчити окремі сторони хімічного об'єкта) і лабораторні роботи (сукупність лабораторних дослідів, дозволяє вивчити багато сторін хімічних об'єктів і процесів) [16].

Хімічний експеримент може бути натурним, уявним і віртуальним. «Віртуальний» (від лат. *Virtualis*) означає «можливий, що не має фізичного втілення»; віртуальна реальність - імітація реальної обстановки за допомогою комп'ютерних пристроїв; використовується головним чином в навчальних цілях [28, 62, 67].

Як можна використати віртуальні лабораторії:

- 1) для підготовки до реальних лабораторних робіт;
- 2) для шкільних занять, якщо відсутні відповідні умови, матеріали, реактиви та обладнання;
- 3) для дистанційного навчання;
- 4) для самостійного вивчення дисциплін у дорослому віці або разом з дітьми, оскільки багато дорослих з тих чи інших причин відчують потребу «згадати» те, що так і не було вивчено або зрозуміло в школі;
- 5) для наукової роботи;
- 6) для вищої освіти з важливою практичною складовою [40].

Віртуальні лабораторії можна класифікувати за ступенем інтерактивності, яка характеризує глибину навчального взаємодії учнів з комп'ютерною програмою [24].

Віртуальні лабораторії можуть бути 2D та 3D; найпростішими для молодших школярів та складними, практичними для учнів середньої та старшої школи, учнів та викладачів. Такі лабораторії розроблені для різних дисциплін. Найчастіше це фізика і хімія, але бувають і досить оригінальні, наприклад, Virtulab для екологів [6].

До віртуальних хімічних лабораторій (ВХЛ) відносять як потужні програмні пакети для візуалізації та розрахунків на кшталт Chemoffice (<http://www.cambridgesoft.com/>), так і простенькі браузерні симулятори дослідів, і звичайно, програми, що імітують навчальну хімічну лабораторію з реактивами, посудом та приладами.

До віртуальних лабораторій з низьким ступенем інтерактивності відносять ті, які допускають тільки варіанти пасивного спостереження

хімічного досліду, до них можна зарахувати колекції анімацій та відеоматеріалів з записами хімічного експерименту [18].

Не варто думати, що такі віртуальні лабораторії свідомо гірші, ніж ті, в яких користувачеві надана практично повна свобода дій. Можливо, це не найцінніший дидактичний матеріал, проте, за правильного методичного супроводу він здатний відігравати дуже важливу роль в навчанні хімії. В цьому випадку інтерактивне навчання більшою мірою виступає як педагогічна технологія.

У віртуальних лабораторіях з високим ступенем інтерактивності представлений широкий вибір обладнання та реактивів, певна свобода дії, включаючи можливість конструювання приладів і проведення «незаданих» експериментів. Тобто віртуальні лабораторії можуть базуватися або на заздалегідь спланованому експерименті, де дослідник є скоріше спостерігачем, або на математичній моделі процесу та властивостях речовин та обладнання, що дає змогу в певних межах змінювати умови експерименту і відповідно відображати ці зміни в результатах [33].

Ми вивчили декілька проектів як багатогалузевого, так і тематичного плану: VirtuLab (<http://www.virtulab.net>), PhET (<http://phet.colorado.edu>), Wolfram Demonstrations Project (<http://demonstrations.wolfram.com/>), IrYdium Chemistry Lab ([www.chemcollective.org/vlab/vlab.php](http://www.chemcollective.org/vlab/vlab.php)) і ряд інших.

Принципово, що всі описані продукти мають відкритий безкоштовний доступ, для роботи з ними досить володіння комп'ютером на рівні користувача, всі вони можуть бути використані при навчанні хімії.

Онлайн-симулятор VirtuLab – це проєкт багатогалузевого плану, в тому числі з хімії. Відрізняється вузькою спеціалізацією, в більшості випадків лінійністю дослідів (вся послідовність дій і результати досліду задані заздалегідь). Лабораторні роботи реалізовані за допомогою технології Flash. Оскільки технологія Flash нині не підтримується розробниками операційних систем та браузерів, для роботи з Virtulab необхідне встановлення додаткових програмних продуктів, що робить, на наш погляд, незручним

використання цього онлайн-симулятора в процесі навчання, особливо дистанційного. Проте до початку 2021 р. нами використовувався цей ресурс під час проведення інтегрованих уроків хімії та інформатики.

VirtuLab дозволяє проводити наступні віртуальні лабораторні роботи, які є актуальними для шкільної програми із загальної та неорганічної хімії:

1. Витіснення одного металу іншим з розчину солі.
2. Знайомство із зразками металів і сплавів.
3. Знайомство із зразками природних сполук неметалів.
4. Знайомство з рудами заліза.
5. Знайомство з сполуками алюмінію.
6. Ідентифікація неорганічних сполук.
7. Розпізнавання хлорид-, сульфат-, карбонат-аніонів та катіонів амонію, натрію, калію, кальцію, барію.
8. Розчинення заліза і цинку в хлоридній кислоті.
9. Розв'язання експериментальних завдань з теми «Метали і неметали».
10. Розв'язання експериментальних завдань з теми «Отримання сполук металічних елементів та вивчення їх властивостей».

На сьогодні проблему використання непідтримуваної технології Flash розробниками ресурсу поки не вирішено.

На відміну від повністю російськомовного Virtulab, схожий на нього PhET, що був засновано у 2002 році лауреатом Нобелівської премії Карлом Віманом і який продовжує розроблятися Університетом Колорадо в Боулдері, має багатомовну, в тому числі українську підтримку. Онлайн-симуляції тут називають Phet-сіми (Phet=**Ph**ysics **E**ducation **T**echnology), вони базуються на сучасній технології HTML5, деякі реалізовано як Java-застосунки, і підтримуються на більшості сучасних платформ, включаючи Android, тому можуть вільно застосовуватись під час дистанційного навчання навіть дітьми, що мають лише смартфон або планшет. На сьогодні бібліотека програми налічує 44 досліди із загальної хімії, що демонструють будову атомів, молекул, процеси, що відбуваються в розчинах, тощо.



Wolfram Demonstrations Project — проект компанії Wolfram Research, являє собою відкриту упорядковану бібліотеку близько 10 тисяч невеликих інтерактивних програм, що називаються демонстраціями і ілюструють якесь невелике питання з широкого кола областей знань. Наприклад, якщо мова йде про хімію, то це може бути візуалізація електронних орбіталей або розрахунок ступеня окиснення кожного з атомів Карбону в органічних сполуках тощо. Розробниками є вчені зі всього світу, що використовують для цього програмне середовище Mathematica, тому для використання ці демонстрації потребують встановлення додаткового програмного забезпечення (Wolfram CDF Player). З огляду на це, використання демонстрацій від Wolfram Project при викладанні хімії в школі можна рекомендувати для застосування лише учителями як ілюстративних засобів.

Віртуальна хімічна лабораторія VLab була створена групою розробників під назвою ChemCollective, базованою в Carnegie Mellon University (Піттсбург, США), за сприяння Національного наукового фонду та Департаменту освіти США в 2000 році. Перевагами цього продукту є те, що в основі його лежить математичне моделювання хімічних процесів а в якості змінних – реальні довідникові характеристики різних речовин. VLab має браузерну версію, базовану на HTML5, але ця версія має обмежене коло готових робіт, до того ж підтримується лише англійською, іспанською та італійською мовами [5]. Значно ефективніше використання як комп'ютерного застосунку, що потребує лише копіювання на комп'ютер (без інсталяції), на якому встановлено та дозволено використання багатоплатформеної мови програмування Java. Ця програма має досить скромний дизайн, але завдяки цьому є дуже невибагливою щодо обчислювальних ресурсів – працює під усіма версіями Windows, починаючи з XP, MacOS, Linux, потребує лише 512 MB оперативної пам'яті, займає до 50 MB на диску і потребує роздільної здатності екрана 800x600.

Програма легко встановлюється, має інтуїтивно зрозумілий український інтерфейс і досить велику кількість готових лабораторних робіт.

На жаль, комплект лабораторних робіт від розробників орієнтовано на студентів закладів вищої освіти, але на сайті ChemCollective є редактор, що, теоретично дозволяє створювати власні завдання. Ми в своїй роботі застосовували комплект лабораторних, що було розроблено кафедрою хімії Криворізького державного педагогічного університету [2, 13].

## **2.2. Можливості використання віртуальної хімічної лабораторії під час дистанційного навчання**

Як уже було зазначено, оскільки дистанційне навчання на нинішньому етапі ґрунтується на щонайширшому застосуванні ІКТ, то використання ВХЛ допомагає розв'язати одразу декілька проблем

Підвищення візуалізації навчального матеріалу. Так, за допомогою програми Chem3D можна створювати тривимірні моделі молекул органічних сполук. Причому можна створювати як статичні ілюстрації для презентацій, так і рухомі gif-анімації, що значно повніше передають просторову будову молекули. Також ми можемо моделювати поверхню молекули, що формує більш об'єктивне уявлення, ніж звичайні моделі з кульок і паличок. Крім того, для підвищення емоційного наповнення уроку можна виконувати таке моделювання безпосередньо під час Zoom-конференції.

Останнім часом одним з інноваційних напрямків розвитку освіти є гейміфікація – використання ігрових практик та механізмів у неігровому контексті [11, 14, 37, 59]. В цьому випадку надзвичайно корисними стають симуляції від Phet, що подають навчальну інформацію в дещо ігровій формі. Наприклад, у 8-му класі під час вивчення теми «Будова атома» можна використати симуляцію «Ізотопи. Атомні маси» як домашньої роботи із завданням – з'ясувати, які із ізотопів елементів №1-10, що зустрічаються в природі є стабільними, а які – нестабільними. Чому масове число не співпадає з табличною атомною масою? Трохи погравшись, учень робить

висновок, що атомна маса враховує всі існуючі ізотопи з урахуванням їхньої частки.

В цій же темі використовувалась симуляція «Будуємо атом», де так само ненав'язливо демонструються поняття «ізоотоп» та принцип утворення йона.

Таким чином, саме використання нескладних браузерних симуляцій дозволяє гейміфікувати процес засвоєння та закріплення навчального матеріалу, зробити його цікавим та ненав'язливим [11, 48].

Незважаючи на загальне падіння рівня функціональної грамотності [19], в школі досі залишається частка дітей, яким цікава саме наукова робота. Для підвищення пізнавальної активності таких учнів можна використовувати більш складні програмні продукти [30, 49, 64]. Використання VLab вимагає більш зосередженого підходу, ніж браузерні симуляції. Так, у 9-му класі під час вивчення теми «Залежність розчинності від температури» ми виконували лабораторну роботу, мета якої була побудувати криву розчинності деяких речовин. Оскільки віртуальні лабораторії нами апробуються вже деякий час, то деякі з учнів мали на домашніх комп'ютерах встановлену програму VLab. В режимі онлайн-конференції методом демонстрації робочого вікна програми нами було продемонстровано послідовність дій для отримання даних про розчинність калій хлориду та натрій хлориду за різних температур – можливості програми дозволяють змінювати температуру, при цьому програма розраховує молярну концентрацію йонів в розчині та масу твердого залишку. Різниця між масою внесеної в розчин речовини і масою твердого залишку відповідала розчинності досліджуваної речовини за даної температури. Після дворазового виконання учням було запропоновано самостійно виконати такі самі досліди з калій хлоратом та церій (III) сульфатом, побудувати криві і зробити висновки про залежність розчинності даних речовин від температури. Найбільш складним, на нашу думку, було навчити учнів приводити експоненціальне представлення маси до звичного. (Тобто навчити їх, що  $1,2E1 = 12$ ;  $1,2E0 = 1,2$  тощо).

Зрозуміло, що виконання такого дослідження в умовах шкільного кабінету хімії є практично неможливим безвідносно до форми навчання – очної чи дистанційної. Але саме дистанційне навчання змушує все більшу кількість учителів шукати нові методи та форми, які б базувалися в тому числі на ІКТ – такі як віртуальні хімічні лабораторії.

### **2.3. Методичні аспекти використання віртуальних хімічних лабораторій в умовах дистанційного навчання**

Сутність викладання хімії як природничої дисципліни полягає в ознайомленні учнів із реальними речовинами, їх властивостями, процесами і закономірностями їх перебігу. Саме тому при навчанні хімії величезну роль відіграють наочні та практичні методи [50]. Візуалізація навчальної інформації допомагає глибше поринути в сутність досліджуваних явищ, а дослідження динамічних процесів найкраще проводити «наживу», безпосередньо готуючи та проводячи дослід. Ми залишаємось прихильниками думки, що практичний дослід, виконаний учнями, якщо він є грамотно методично обумовленим, є одним із найважливіших інструментів вивчення хімії. Проте, ні для кого не є секретом, що матеріально-технічна база абсолютної більшості шкіл є категорично незадовільною для проведення лабораторних чи практичних робіт у форматі «один учень – один комплект обладнання та реактивів», тому більшість учителів хімії змушені перейти до виконання таких робіт в кращому випадку в формі демонстраційного експерименту, а найчастіше – у формі демонстрацій відео. Зрозуміло, що зацікавленість учня – рушій його навчальної діяльності, в такому випадку сильно знижується.

З переходом школи до дистанційного навчання проблема стає ще більш гострою. Демонстраційний експеримент, проведений учителем на камеру за своїм емоційним навантаженням для сучасного учня стоїть на одному рівні з безліччю відео, які він уже переглянув в інтернеті, тому, на нашу думку,

навіть чи варто використовувати такий прийом, значно краще підібрати відео, зняте, змонтоване і озвучене професіоналами.

Застосування віртуальних хімічних лабораторій в умовах традиційного режиму навчання має багато переваг. Дослідники [4, 24, 40] зазначають, що це:

- тренажер для підготовки до натурних експериментів.
- заміна натурального експерименту, якщо його проведення неможливе з різних причин – відсутність обладнання, реактивів чи небезпечність.
- розширення спектру лабораторних дослідів за межі програми як спосіб активізації пізнавальної діяльності учнів.
- спосіб реалізації проблемного навчання через використання експериментальних задач.

В умовах дистанційного навчання самостійне виконання учнями дослідів стає неможливим, а переваги, що має демонстраційний експеримент практично нівелюються. Тому використання віртуальних хімічних лабораторій стає практично безальтернативним.

Практична реалізація такого використання залежить від типу віртуальної лабораторії. Наприклад, візуалізація будови молекул в органічній хімії засобами Chem3D краще виконувати учителю – програмний продукт досить складний в засвоєнні, має англomовний інтерфейс і неочевидне управління. Тому 3Д моделі молекул найкраще готувати заздалегідь для використання як ілюстрацій, або, маючи навички, демонструвати учням вікно програми, в якому можна швидко створити, наприклад, три моделі молекул первинного, вторинного та третинного спирту.

Браузерні симуляції з бібліотеки PhET можна застосовувати і як демонстрацію в процесі пояснення нового матеріалу, так і як вправу на закріплення. Відміна від очного уроку полягає в тому, що закріплення буде відбуватися в самостійному режимі, можливо через деякий час після синхронного спілкування, тому варто витратити деякий час під час

конференції, щоб пояснити учням основні прийоми роботи та засоби керування симуляцією. Поширюються симуляції в формі простого посилання, наприклад, при створенні завдання в Classroom.

Найбільш складним нам видається застосування віртуальної лабораторії IrYdium VLab. Для успішного її використання необхідне виконання декількох умов: учень повинен мати ПК або ноутбук, мати не нижче середніх для свого віку ІТ-компетентності і бути хоча б мінімально зацікавленим в такому виді навчальної діяльності. Оскільки традиційний та дистанційний режими роботи шкіл зазвичай чергуються, нам видається раціональним провести хоча б одну-дві роботи безпосередньо в шкільному кабінеті інформатики. Цим досягається, по-перше, ефект повного охоплення учнів роботою в віртуальній лабораторії, а по-друге, учні під безпосереднім керівництвом учителя опановують навички роботи в програмі, її можливості, інструментарій тощо. Після цього можна задавати самостійне виконання лабораторних робіт, провівши попередній інструктаж в синхронному режимі.

Ряд авторів [41] вказують, що віртуальна лабораторія IrYdium VLab легко інтегрується в CYO MOODLE, але оскільки традиційно ця система використовується в закладах вищої освіти, на відміну від традиційного для шкіл Classroom, а крім того більшість готових лабораторних робіт VLab призначені також для рівня вищої освіти, то питання інтеграції віртуальних лабораторій в CYO ми не досліджували.

Ще одне питання залишається дискусійним: що дає більш виражений дидактичний ефект - проведення лабораторного дослідження учителем в режимі демонстраційного досліду або виконання його учнем самостійно, але в режимі віртуалізації? На нашу думку, це залежить від мети такого досліду. Якщо мова йде про ефектну демонстрацію явища, наприклад, вибух ацетиленово-кисневої суміші – так, демонстрація тут залишається єдиним способом виконання. Якщо мова йде про дослідження теплових явищ при розчиненні – варто продемонструвати два приклади екзо- та ендотермічного розчинення, а решту дослідів з теми залишити учням для самостійного

проведення засобами віртуальної лабораторії. Ми вважаємо, що віртуальні хімічні лабораторії якнайкраще відповідають філософії дистанційного навчання, в якому акцент робиться на самостійну роботу учня, тому використання такого прийому практичного навчання можна вважати виправданим.

## РОЗДІЛ 3

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ПЕРЕВІРКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ХІМІЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ ПРИ ДИСТАНЦІЙНОМУ НАВЧАННІ

#### 3.1. Організація та проведення педагогічного експерименту

Педагогічне дослідження проводилось протягом 2020-2021 навчальних років і складалося із таких етапів: констатувального, пошукового та формульовального. У дослідженні взяли участь 22 учня 8-го та 9-го класів Роздольненського НВК Каланчацької селищної ради Херсонської області.

На констатувальному етапі перед нами стояли наступні завдання: аналіз науково-методичної літератури із теми дослідження, визначення його актуальності, мети та завдань, а також методів дослідження. Також одним із завдань на цьому етапі було виявлення рівня інтересу учнів до уроків хімії, рівня залученості до практичної роботи на уроках, оцінка практичної користі отриманих знань, а також рівень доступності для учнів персонального комп'ютера, смартфона, та швидкісного доступу до інтернету. Для цього було проведено анкетування учнів на початку експерименту до їх знайомства із віртуальними лабораторіями.

Опитування було анонімним і включало наступні питання:

1. Чи маєш ти доступ до швидкісного інтернету?
2. Чи маєш ти комп'ютер чи смартфон?
3. Чи вважаєш ти уроки хімії цікавими?
4. Чи достатньо тобі практичної частини на уроках – дослідів, лабораторних, практичних робіт?
5. Як ти оцінюєш наповненість онлайн уроку з хімії? (де 1 - мінімально, 4 - дуже багато)
  - а. віртуальні дослідження
  - б. контроль знань



с. практична робота

d. теоретичні знання

6. Чи задоволений ти навчанням з практичної точки зору?
7. Чи достатньо відео або демонстрації реакції для розуміння досліду?
8. Де ти зустрічався з віртуальною реальністю?
9. Чи використовують вчителі у твоїй школі на уроках будь-які додатки для віртуальної реальності?
10. Чи є сенс проводити хімічний дослід «віртуально» на твою думку?
11. Чи є важливою для тебе можливість віртуально проводити дослід, які неможливо відтворити в умовах шкільної лабораторії у зв'язку з використанням небезпечних реагентів, відсутністю обладнання, реактивів?
12. Як ти оцінюєш свій досвід виконання віртуальних дослідів чи досліджень під час дистанційного навчання? (На це питання ми пропонували учням дати відповіді наприкінці експерименту.)

Результати анкетування та їх обговорення представлено у пункті 3.2.

Пошуковий етап нашого педагогічного дослідження мав за мету обґрунтування методичних засад використання віртуальних хімічних лабораторій у процесі навчання хімії, у тому числі і під час дистанційного навчання з метою формування у учнів міцних знань.

Як віртуальна хімічна лабораторія був обраний ресурс симуляцій дослідів Virtulab. В очному режимі було проведено такі лабораторні роботи:

- в 10 класі – «Створення моделей молекул органічних сполук»;
- в 9 – «Витіснення одного металу іншим з розчину його солі» в рамках повторення вивченого у 8-му класі.

Отже, під безпосереднім керівництвом викладача учні засвоїли поняття «комп'ютерна симуляція» та «віртуальний дослід».

Згодом під час роботи в дистанційному режимі ми опиралися на вже сформовані навички роботи з комп'ютерними симуляціями, тому в

дистанційному режимі на закріплення вивченого матеріалу учням було запропоновано виконати наступні лабораторні роботи:

- в 9 класі – «Визначення рН середовища за допомогою універсального індикатора»;
- в 10 класі – «Визначення ненасичених сполук в рідких нафтопродуктах та рослинній олії».

З початком 2021 року було припинено підтримку технології Flash, на якій базується робота Virtulab. На сьогодні існує можливість використання цього ресурсу, проте для цього потрібне встановлення додаткових програмних продуктів і дозволів на запуск Flash в браузері, тому в самостійній роботі дітей, особливо на дистанційному навчанні, відповідно на особистих ПК, від використання Virtulab нам довелося відмовитись.

Протягом першої половини 2021 р. ми вели пошук та апробацію різних віртуальних лабораторій. Деякі, такі як Chem3D ми використовуємо в якості ілюстративного засобу, не надаючи учням можливості працювати в його середовищі. Наприклад, ілюструючи структурну ізомерію молекули бутанолу.

Так само як джерело демонстративного матеріалу ми використовували Wolfram Demonstrations, наприклад, для візуалізації електронних орбіталей.

Обидва ці засоби є досить корисними і придатними для використання в роботі учителями хімії, проте від їхнього використання учнями під час дистанційного навчання ми відмовились. Chem3D більш призначено для дослідницьких цілей, а встановлювати і опановувати складний програмний продукт лише для моделювання молекул не є раціональним. Так само й демонстрації від Wolfram Demonstration відповідають скоріше університетському рівневі викладання, окрім того специфічний формат цих демонстрацій так само не дозволяє рекомендувати їх до використання під час вивчення хімії в середній школі, окрім як допоміжне джерело ілюстративного матеріалу для учителя.

Вибір засобів віртуалізації хімічних явищ на сьогодні є досить широким, але оскільки опанування таких засобів вимагає деякого часу, ми зупинили свій вибір на двох: як браузерний засіб, доступний будь-якому учневі з сучасним смартфоном чи планшетом, ми обрали PhET, а як повноцінну інсталювану на ПК віртуальну лабораторію – IrYdium VLab.

Під час формувального етапу у вересні 2021 р. в режимі очного навчання нами проводилися віртуальні симуляції та лабораторні роботи, на яких нашою основною задачею було ознайомити дітей з новими інструментами віртуалізації, пояснити принципи роботи з ними, оскільки введення чергових карантинних обмежень було лише справою часу.

У дослідженні взяли участь учні 8-го та 9-го класів Роздольненського НВК Каланчацької селищної ради Херсонської області. Зазначимо, що до цього часу вони ще не мали досвіду роботи із віртуальними лабораторіями. Загальна кількість учнів склала 22 особи.

До початку карантину під час вивчення теми «Будова атома» [63] в 8-му класі для закріплення вивченого матеріалу застосовувалась симуляція «Будова атома» ([https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/build-an-atom/latest/build-an-atom_uk.html)).

У симуляції в ігровій формі пояснюється будова атома, властивості елементарних часток і зв'язок між кількістю кожного виду часток в атомі і його властивостями – масою, зарядом атома і зарядом ядра. Також є декілька ігрових режимів для закріплення і перевірки знань. Слід зазначити, що використання такої симуляції не потребує персонального комп'ютера, достатньо сучасного смартфона, тобто вона є доступною для абсолютної більшості восьмикласників.

В 9-му класі перед нами постала більш складна задача. Необхідно було опанувати новий програмний продукт, тому урок проводився на базі шкільного кабінету інформатики, де на комп'ютерах (WinXP, 1GB RAM) було попередньо встановлено програму VLab. Для тестової лабораторної роботи з метою опанування елементами керування та загальними навичками

роботи в програмі було обрано роботу «Розведення морської води», суть якої полягає в тому, щоб зменшити загальну концентрацію розчинених речовин в 2,5 рази шляхом додавання дистильованої води до морської. Виконання такої роботи потребує деяких методичних зауважень. По-перше індикація вмісту розчинених речовин ведеться в моль/л, а поняття молярності розчину в програмі з хімії рівня стандарту не розкривається. По-друге, в курсі 9-го класу поняття «розведення розчину» викладається раніше, ніж теорія електролітичної дисоціації. Тому, на нашу думку, поняття розведення розчину варто було б ілюструвати за допомогою недисоційованої розчинної сполуки, наприклад глюкози. Проте в процесі виконання роботи учнями було засвоєно поняття, що стосуються інтерфейсу програми – набору реактивів, набору посуду, робочого стола, вимірювальних приладів – індикаторів складу розчину і твердого залишку, термометра, рН-метра, а також опановано навички перенесення реактивів з одного посуду в інший та керування термічними властивостями об'єкта – ізоляції від навколишнього середовища, нагрівання та охолодження до заданої температури.

Для того, щоб продемонструвати процеси концентрування та розбавлення розчинів нами було використано симуляцію «Розчини цукру і солей» (<https://phet.colorado.edu/uk/simulations/sugar-and-salt-solutions>). Окрім явища електропровідності розчинів різних речовин там демонструються процеси зміни насиченості розчинів. Дослідження концентрації розчину глюкози і дають уявлення про ці процеси, не відволікаючи уваги на пояснення явища дисоціації.

Після переходу школи на дистанційний режим навчання нами використовувались наступні засоби віртуалізації.

У 8-му класі під час вивчення теми «Будова атома. Склад атомних ядер (протони і нейтрони). Протонне число. Нуклонне число.» для пояснення поняття ізоотопів та явища різниці нуклонного числа та відносної атомної маси використовували симуляції «Будова атома». Застосовувалась вона як демонстраційний засіб (проекування екрану) на етапі пояснення нового

матеріалу та в ході самостійної роботи учнів зі смартфонами на етапі закріплення набутих знань. За наявності інтерактивної дошки її можна також використовувати як засіб перевірки знань.

Під час вивчення теми «Ізотопи» ми використовували симуляцію «Ізотопи. Атомні маси» ([https://phet.colorado.edu/sims/html/isotopes-and-atomic-mass/latest/isotopes-and-atomic-mass\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/isotopes-and-atomic-mass/latest/isotopes-and-atomic-mass_uk.html)) як демонстраційний засіб (демонстрація екрану) на етапі пояснення нового матеріалу, а також для самостійного розв'язання учнями проблемного питання («Чому таблична атомна маса елемента відрізняється від його нуклонного числа?»). Ця симуляція дозволяє моделювати склад ізотопів елементів з порядковими номерами від 1 до 10. Для самостійного опрацювання дітям було запропоновано визначити, які ізотопи, що зустрічаються в природі, є стабільними, а які – нестабільними. На наступному уроці в синхронному режимі розглядалося поняття «період напіврозпаду» і чому короткоживучі ізотопи не зустрічаються в природі. Також необхідно було зробити висновок, що атомна маса елемента є алгебраїчною сумою мас ізотопів, тобто середньою величиною з урахуванням їх відносної поширеності. Для демонстрації цього постулату на самостійну роботу було задано спробувати відтворити відносну атомну масу елемента, змішуючи його ізотопи в різному співвідношенні.

У 9-му класі під час дистанційного режиму навчання ми використовували ВХЛ на таких уроках:

1) PhET-симуляції:

а) на уроці «Насичені й ненасичені, концентровані й розведені розчини» для демонстрації явища динамічної рівноваги в насичених розчинах і її зміщення залежно від зміни кількості розчинника в системі – симуляція «Розчинність солей» (<https://phet.colorado.edu/uk/simulations/soluble-salts>, завантажуваний Java-застосунок), яка використовувалась як демонстраційний засіб (проекування

екрану) на етапі пояснення нового матеріалу, в режимі самостійної роботи учнів зі смартфонами на етапі закріплення набутих знань;

б) на уроці «Електролітична дисоціація. Електроліти й неелектроліти» для ілюстрації явища електролітичної дисоціації та електропровідності розчинів – симуляція «Розчини цукру і солей» – на етапі пояснення нового матеріалу як демонстраційний засіб а також для самостійної роботи учнів на етапі закріплення набутих знань;

в) для пояснення поняття водневого показника рН – програма пропонує декілька симуляцій, ми ж використовували «Шкала рН. Кислоти й основи» ([https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale-basics/latest/ph-scale-basics\\_uk.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/ph-scale-basics/latest/ph-scale-basics_uk.html)). Власне, після засвоєння поняття рН, для самостійного опрацювання було задано наступне завдання – використовуючи стандартний набір реактивів взяти 2 мл 0,1М розчину натрій гідроксиду і дослідити, яку кількість води треба додати, щоб підняти рН на 1 та на 2. Зробити висновок – чому саме таку кількість? На вчителя тут лягає задача пояснити дев'ятикласникам поняття десяткового логарифма.

## 2) Симуляції від Iridium VLab:

а) тема уроку: Лабораторна робота «Розведення розчинів». На уроці було використано симуляцію-завдання «Розведення морської води» для ознайомлення учнів з поняттям віртуальної лабораторії, її будовою та приладами контролю, засвоєння навичок роботи з ВХЛ а також закріплення матеріалу теми;

б) тема уроку: Лабораторна робота «Теплові явища, що супроводжують розчинення речовин» – симуляція-завдання «Визначення теплових ефектів при розчиненні різних сполук», використано як засіб проблемного навчання за методикою оберненого навчання.

Для постановки проблемного запитання до уроку «Теплові явища при розчиненні» ми використовували лабораторну роботу «Визначення теплових ефектів при розчиненні різних сполук». В умовах дано воду і набір кристалічних реактивів, що включають безводні солі, кристалогідрати та

натрій гідроксид. Виконання роботи полягає в розчиненні еквімолярних кількостей кристалічної речовини в однаковому об'ємі води і спостереження за температурою утвореного розчину. Запитання до лабораторної полягають у встановленні відповідності між складом розчиненої речовини та температурним ефектом, що спостерігається, а також чи існує залежність між температурним ефектом розчинення речовини і залежності розчинності від температури.

в) Тема уроку: Лабораторна робота «Температура і розчинність солей». Лабораторна робота «Температура і розчинність солей» полягає в побудові кривої розчинності для декількох речовин. Під час онлайн-заняття в режимі демонстрації екрану учитель виконує таку роботу, наприклад, для калій хлориду, учням пропонується виконати самостійно дослідження для калій хлорату та церій (III) сульфату.

Досвід роботи із програмою дозволив розробити рекомендації по виконанню роботи:

1. Запустити програму(файл VLabUK.exe).
2. У робочому вікні відкрити лабораторну роботу (Файл / Завантажити завдання / Розчинність і тверді речовини / Температура і розчинність солей). В розділі «Препараторська» з'являється набір необхідних реактивів – кристалічних речовин і дистильованої води.
3. Перетягуємо на робочий стіл ємність з водою і, наприклад, банку з калій хлоридом. Додаємо зі складу посуду склянку на 250 мл.
4. Перетягнувши посудину з водою на склянку, вмикаємо режим «перенести в кількості (мл)» в нижньому рядку програми. Ми можемо відміряти точно 100,0 мл, натискаємо кнопку «внести», в правій частині вікна на індикаторі складу розчину відображено молярні концентрації йонів у розчині, наприклад  $(C(H^+) = 1,005 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л})$ , на термометрі – температура +25 °С, на рН-метрі -7. Відставляємо посудину з водою вбік на робочому столі.

5. Для вимірювання температури розчину необхідно ізолювати склянку від зовнішнього середовища. Тому виділяємо її правою кнопкою миші / термічні властивості / прапорець «ізолювати від зовнішнього середовища».

6. Необхідно розрахувати масу калій хлориду для дослідження. Довідникова розчинність KCl за 25 °C становить близько 34 г/100г води. Ми беремо вдвічі більше, наприклад 70 г і вносимо в склянку зі 100 мл води. Для цього поміщаємо банку з калій хлоридом на склянку з водою і в режимі «перенести у кількості (г)» вносимо 70 г. Відставляємо калій хлорид. Бачимо концентрації йонів в розчині і температуру 12,9°C, робимо висновок, що розчинення калій хлориду є процесом ендотермічним.

7. Перемикаємо індикатор складу розчину з режиму «водний розчин» в режим «тверда фаза». На індикаторі відображено масу твердого залишку KCl у вигляді 3,7596e1. Пояснюємо учням, що такий запис означає  $3,7596 \cdot 10^1$  грамів, тобто маса нерозчиненого калій хлориду становить 37,6 г. Створюємо таблицю на три рядки: температура, маса твердого залишку (m), розчинність KCl (70-m), бо в склянку ми внесли 70 г солі, а в розчин перейшло відповідно (70-m) г солі. Записуємо в таблицю температуру і масу твердого залишку.

8. Встановлюємо температуру розчину 0°C. Для цього на склянці з розчином натискаємо ПКМ / термічні властивості / встановити температуру ставимо 0, тиснемо «ОК». Фіксуємо масу твердого залишку 41,1г. Записуємо в таблицю.

9. Повторюємо вимірювання при 10°C, 20°C і далі із кроком 10°C до 100°C. Результати заносимо в таблицю, після розрахунків вона матиме наступний вигляд (див. табл. 3.1).

*Таблиця 3.1.*

**Результати вимірювання розчинності KCl.**

t	0	10	13	20	30	40	50	60	70	80	90	100
---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----



$m_{\text{тв.зал}}$	41,1	38,4	37,6	35,6	32,8	30,0	27,1	24,2	21,3	18,4	15,5	12,6
$S(\text{KCl})=70-m$	28,9	31,6	32,4	34,4	37,2	40,0	42,9	45,8	48,7	51,6	54,5	57,4

10. За даними таблиці будуюмо графік,  $S = f(t)$ , тобто вісь абсцис відповідає температурі, а вісь ординат – розчинності (див. рис. 3.1).

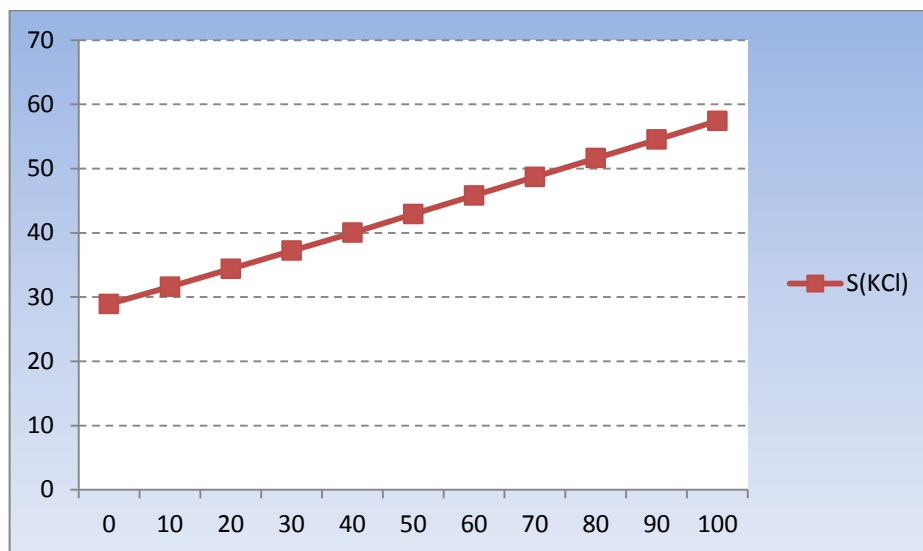


Рисунок 3.1. Крива розчинності калій хлориду, побудована за даними, отриманими в віртуальній лабораторії VLab.

Учням для виконання пропонується виконати таку роботу для калій хлорату та церій (III) сульфату і побудувати графіки їхньої розчинності.

Таким чином, досвід засвідчує, що використання віртуальних хімічних лабораторій в школі під час дистанційного навчання є можливим і виправданим, але бажано до його початку провести ознайомлювальні заняття, щоб учень опанував нові дослідницькі інструменти за безпосереднього спілкування з учителем та під його керівництвом. В подальшому інструктажі до лабораторних робіт, там де вони потрібні, можна реалізувати під час онлайн-конференцій.

### 3.2. Результати педагогічного експерименту та їх аналіз

В ході педагогічного дослідження на початку та на його прикінці для визначення ефективності використання запропонованих методик нами було

проведено анкетування усіх учасників, які брали в ньому участь. Питання анкети наведено у пункті 3.1.

Після опрацювання одержаних відповідей ми отримали наступні результати.

Відповіді на перше запитання анкети дали нам змогу проаналізувати рівень доступу учнів до мережі інтернет. Звичайно, що вся територія населеного пункту має покриття 2G, але практично така швидкість не дає можливості передавати мультимедійні дані і придатна хіба для текстових повідомлень.

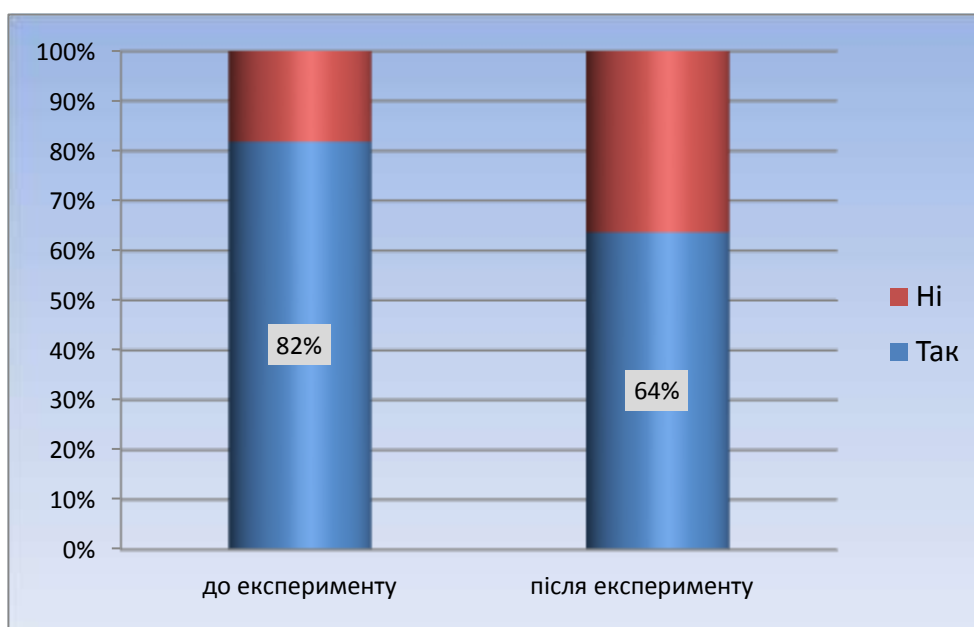


Рисунок 3.2. Розподіл відповідей на запитання: «Чи маєш ти доступ до швидкісного інтернету?»

Початкові результати (див. рис. 3.2) пояснюються тим, що троє учнів не мали взагалі засобів ІКТ, відповідно не могли працювати в інтернеті. На початку жовтня мобільним оператором було обмежено покриття 4G на більшій частині населеного пункту, що співпало із часом проведення експерименту. Для виконання дистанційних завдань учні зазвичай на період уроків приходили до однокласників чи друзів з наявним підключенням до інтернету.

Відповіді, які ми отримали від дітей до початку експерименту, не відрізнялись від тих, які ми отримали наприкінці, під час дистанційного навчання (див. рис. 3.3).



Рисунок 3.3. Розподіл відповідей на запитання «Чи маєш ти комп'ютер чи смартфон?»

Цифри вельми красномовні, майже 14% (трьох з 22-ох) учнів не мають засобів для дистанційного навчання взагалі, повноцінні віртуальні лабораторії на ПК доступні лише третині учнів.

Наступне питання звучало: «Чи вважаєш ти уроки хімії цікавими?». Учні, яким подобаються уроки хімії, виявилось 18% від загальної кількості опитаних (див. рис. 3.4), що ми вважаємо непоганим результатом на тлі загального досить невисокого рівня навчального інтересу у учнів цієї школи. До того ж кількість учнів, які вважають уроки хімії дуже цікавими, збільшилася на 4 % порівняно із результатами, отриманими до початку експерименту.

Варто зазначити, що учні, яким більшою чи меншою мірою цікаві уроки хімії, відповідали або «Так, цікаві», або «Не зовсім, але цікавіші за інші».

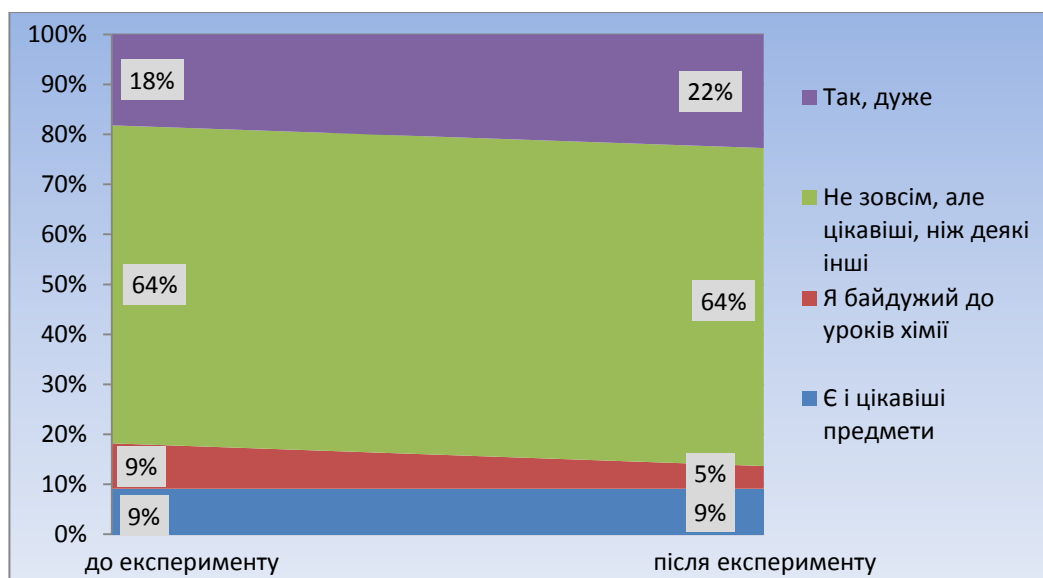


Рисунок 3.4. Динаміка розподілу відповідей на запитання «Чи вважаєш ти уроки хімії цікавими?»

Таким чином, кількість учнів, яким зовсім не цікаві уроки хімії, зменшилася на 4 %, сумарна частка зацікавлених учнів зросла від 82% до 86%. Таке зростання ми схильні пояснювати саме застосуванням порівняно нових форм проведення занять з хімії.

В четвертому питанні учнями оцінювалась частка практичних робіт на уроках хімії – лабораторні і практичні роботи, демонстраційні досліди, тощо (див. рис.3.5). Відповіді на це запитання, на нашу думку, ілюструють установки, що формують відношення до освіти взагалі. Так, учням, які розуміють необхідність отримання знань, практичної частини, яка допомагає краще засвоїти навчальний матеріал та пов'язати теорію з практикою, як раз і не вистачає. Застосування елементів ігрового навчання підвищило частку учнів, яким стали цікаві практичні роботи і вони хотіли б збільшити їх частку серед інших видів робіт, адже кількість таких опитаних збільшилася на 18,5 % порівняно із результатами, отриманими на початку експерименту.



Рисунок 3.5. Динаміка розподілу відповідей на запитання «Чи достатньо тобі практичної частини на уроках – дослідів, лабораторних, практичних робіт?»

В наступному питанні оцінювалось змістовне наповнення уроків хімії за дистанційної форми навчання. Респондентам було запропоновано оцінити рівень кожного із компонентів (віртуальні дослідження, контроль знань, практична робота, теоретичні знання) за шкалою від 1 до 4, де 1 – мінімальний, а 4 – максимальний рівень.

Середній бал розраховували за формулою:

$$\bar{x} = \Sigma B / n, \text{ де} \quad (1)$$

$\bar{x}$  – середня оцінка,

$\Sigma B$  – сума оцінок всіх опитаних,

$n$  – кількість опитаних.

Одержані результати представлено на рис. 3.6.

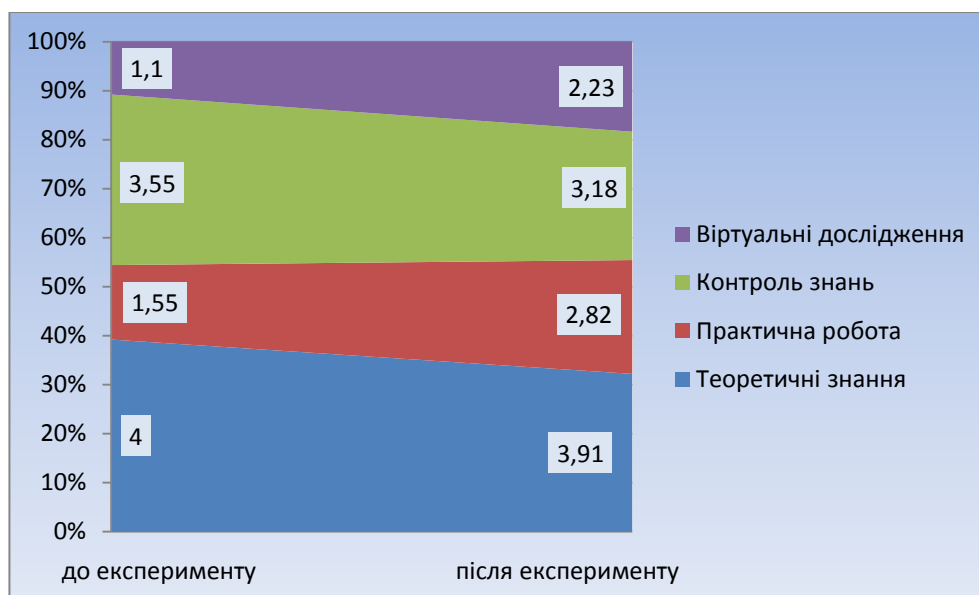


Рисунок 3.6. Динаміка оцінювання учнями наповнення уроків хімії під час дистанційного навчання.

Аналізуючи відповіді, що стосувалися попередніх періодів дистанційного навчання, можна помітити, що в оцінках учнів дистанційне навчання складалося майже виключно з теоретичного матеріалу і контролю знань, що і не дивно з огляду на застосування тестувань як способу перевірки. Занизькі оцінки рівня використання методів віртуалізації навчальної інформації пояснюються тим, що в минулих періодах дистанційного навчання використання симуляцій дослідів велось нами в режимі пошуку і несистематично. Динаміка відповідей свідчить про те, що учні помітили збільшення кількості практичної компоненти хай навіть і віртуалізованої.

В шостому питанні учні оцінювали навчання хімії з точки зору практичної користі (див. рис.3.7).

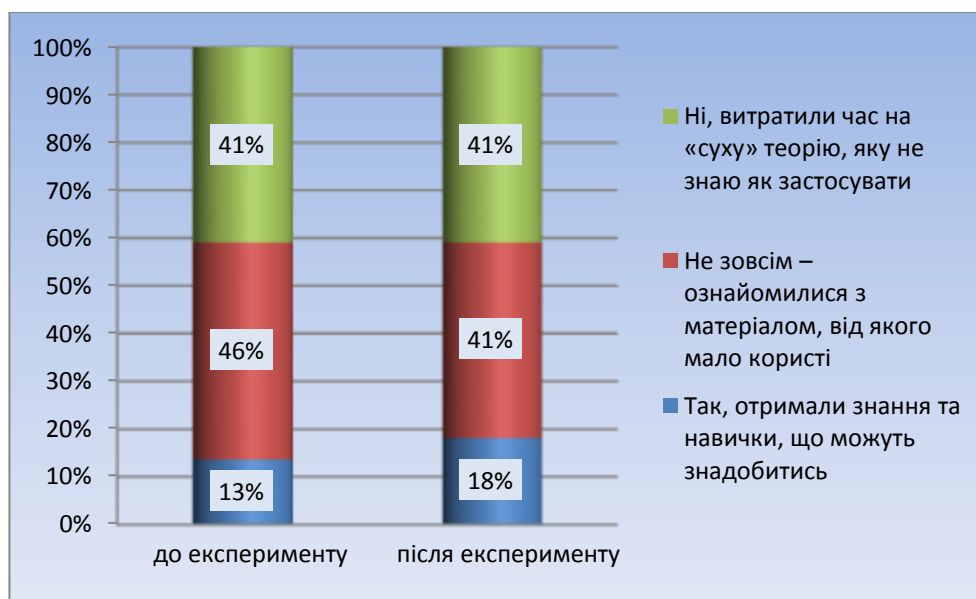


Рисунок 3.7. Динаміка відповідей на запитання «Чи задоволений ти навчанням с практичної точки зору?»

Відповіді на це запитання вкотре ілюструють відірваність змісту програми викладання хімії від практичних потреб учнів, адже 41 % опитаних зазначили, що не розуміють практичного значення одержуваних знань. На нашу думку, наявна незначна позитивна динаміка скоріше пов'язана із переходом учнів від післяканікулярного вересневого режиму до звичного ритму в жовтні, навряд чи віртуальні симуляції чи лабораторні роботи здатні тут щось кардинально змінити.

Також оцінювалось розуміння методики проведення експериментального досліді і розуміння, які результати планується отримати в ході його виконання (див. рис. 3.8).

Ми намагались з'ясувати, чи впливає на розуміння учнями досліді, якщо вони виконують його самостійно, порівняно з відео чи демонстраціями.



Рисунок 3.8. Динаміка відповідей на запитання «Чи достатньо відео або демонстрації реакції для розуміння дослідів?»

Низьку позитивну динаміку у отриманих результатах можна пояснити з огляду на те, що саме лабораторні роботи виконувались лише в 9-му класі, а 8 клас обмежувався ігроподібними симуляціями, які в сприйнятті дітей зовсім мало схожі на традиційні лабораторні дослідження.

Також було цікаво з'ясувати, чи знайомі учні з поняттям віртуальної реальності (див. рис. 3.9), а якщо так, то в якій сфері вони мали можливість її зустріти.

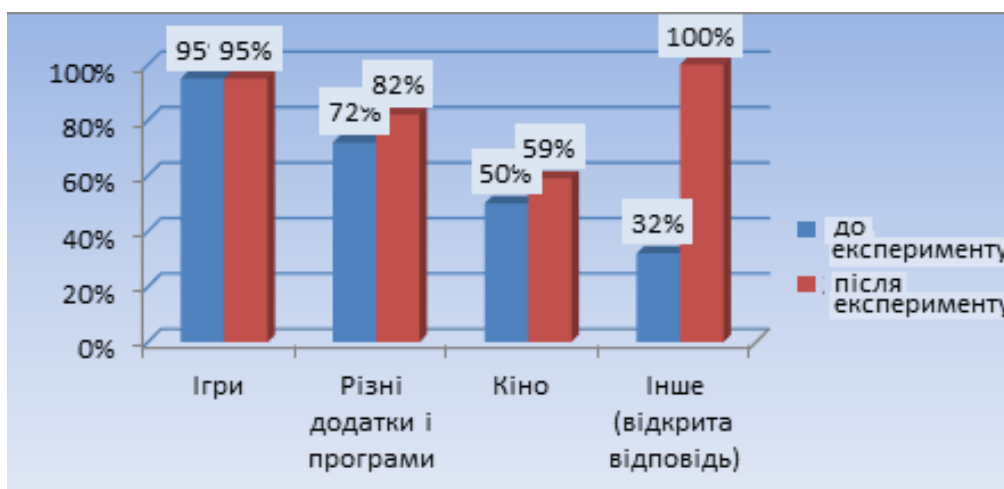


Рисунок 3.9. Динаміка розподілу відповідей на запитання «Де ти зустрічався з віртуальною реальністю?»



Можна було вибрати декілька відповідей, і вони в цілому свідчать про те, що цей термін учні розуміють. Серед інших відповідей до карантину 32% учнів назвали віртуальні екскурсії на уроках художньої культури, а під час опитування наприкінці експерименту в жовтні – віртуальні хімічні лабораторії.

Дев'яте питання анкети дозволило оцінити загальний рівень використання учителями школи інструментів віртуального моделювання (див. рис. 3.10). Ми вважаємо, що позитивні відповіді, які ми отримали до карантину, дали учні, які скоріше за все пам'ятали віртуальну екскурсію музеєм на уроці художньої культури. Загалом, маємо відмітити, що наявні на сьогодні віртуальні лабораторії, екскурсії, тощо використовуються на уроках вкрай мало, не зважаючи на те, що в мережі інтернет у вільному доступі є чимало матеріалів, особливо для предметів природничо-математичного та художньо-естетичного циклів.

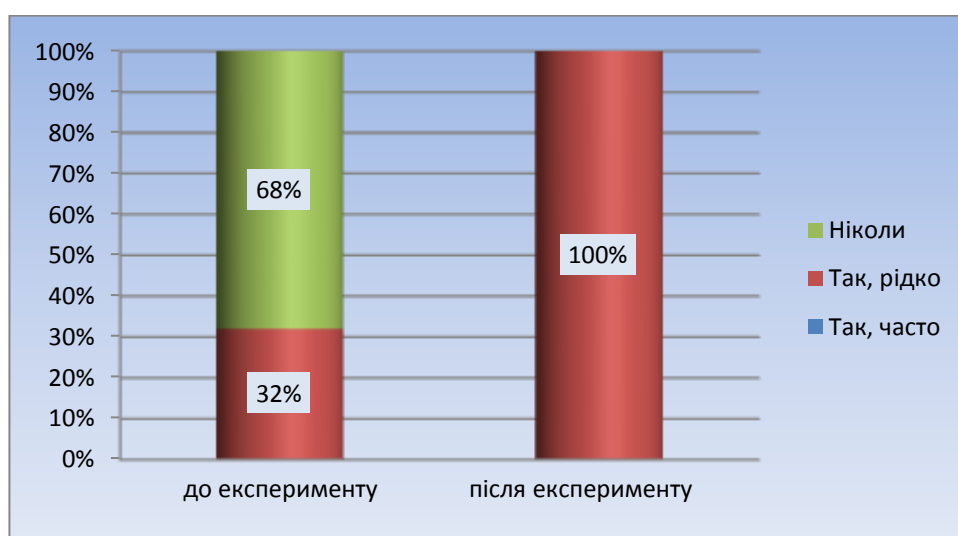


Рисунок 3.10. Розподіл відповідей на запитання «Чи використовують вчителі у твоїй школі на уроках будь-які додатки для віртуальної реальності?»

Також в опитуванні оцінювалась готовність респондентів сприймати результати, отримані за допомогою комп'ютерного моделювання, так само як і отримані в результаті натурного експерименту. Після ознайомлення з

роботою у віртуальних лабораторіях, учні почали більшою мірою розуміти, що за допомогою таких лабораторій можна теж отримувати реальні наукові результати (див. рис. 3.11).



Рисунок 3.11. Динаміка розподілу відповідей на запитання «Чи є сенс проводити хімічний дослід «віртуально» на твою думку?»

Наступне питання мало на меті дослідити готовність респондентів опановувати нові інструменти для виконання навчальних завдань. Також, слід зауважити, що для більшості учнів поняття «віртуальний» досить сильно асоційоване з поняттям «ігровий», тому, можливо, були одержані такі результати (див. рис. 3.12). До початку експерименту 86 % учнів вважали використання віртуальних дослідів доцільними. Наприкінці експерименту їх кількість збільшилася до 95 %, що, на нашу думку, є свідченням ефективності такого інструменту. Також такі результати можна розцінювати як величезний запит учнів на гейміфікацію навчання.

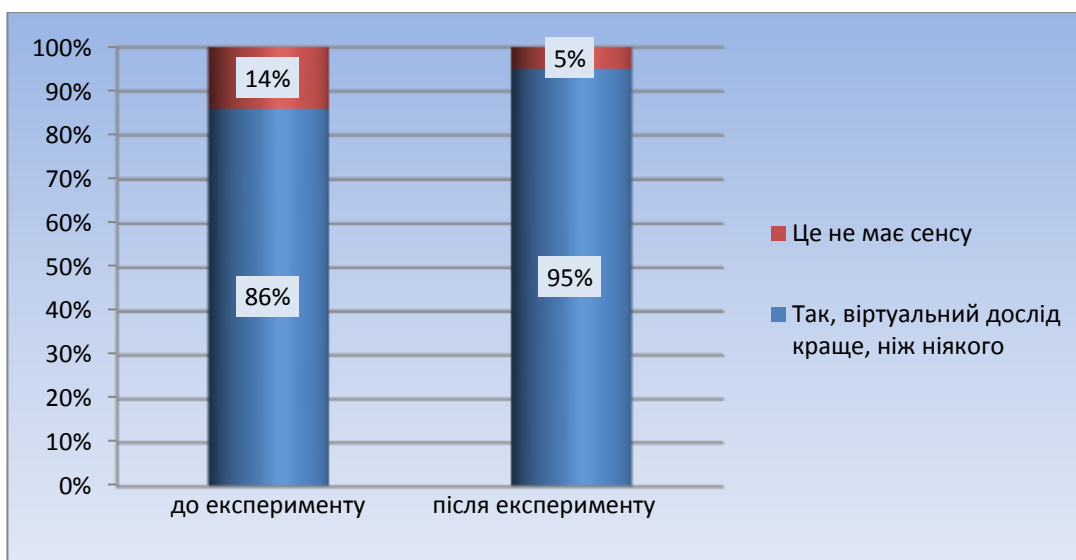


Рисунок 3.12. Динаміка розподілу відповідей на запитання «Чи є важливою для тебе можливість віртуально проводити досліди, які неможливо відтворити в умовах шкільної лабораторії у зв'язку з використанням небезпечних реагентів, відсутністю обладнання, реактивів?»

На останнє питання ми пропонували відповісти учням наприкінці експерименту, що було спробою педагогічної рефлексії. 55 % опитаних схвально оцінили використання віртуальних хімічних лабораторій під час дистанційного навчання. Не сподобалось – 22 %-ам учнів. Викликає подив, що 9 % , а це – двоє респондентів, відповіли, що не вбачають у віртуалізації лабораторних робіт нічого нового (див. рис. 3.13).

На нашу думку, як і в попередньому питанні, позитивний відгук більшої частини опитаних свідчить не про захват від роботи у віртуальній лабораторії, а про існуючий запит на введення до навчальної діяльності більшої частки ігрових елементів.

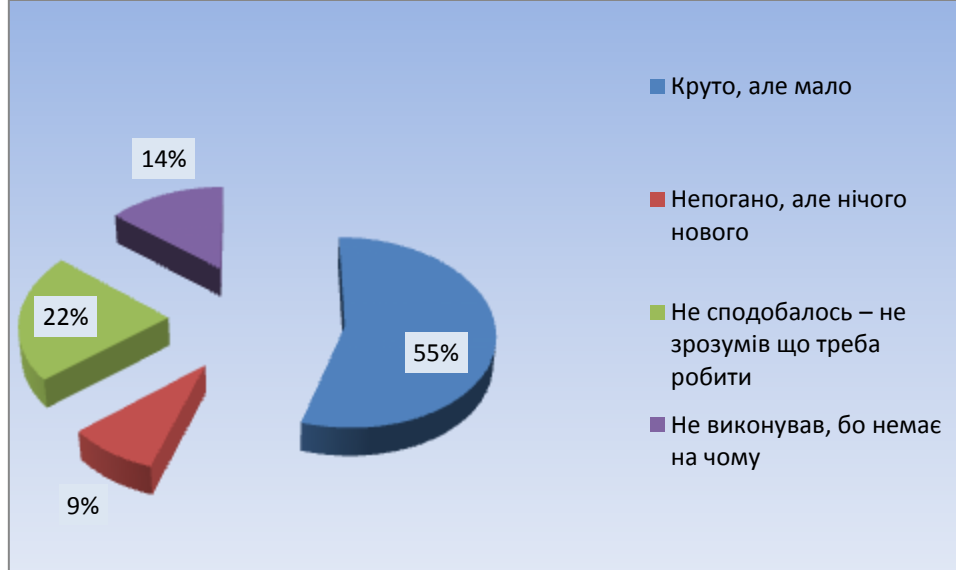


Рисунок 3.13. Розподіл відповідей на запитання «Як ти оцінюєш свій досвід виконання віртуальних дослідів чи досліджень під час дистанційного навчання?»

Також під час формувального етапу нашого дослідження проводився систематичний контроль засвоєння навчального матеріалу. Для дослідження ефективності використання віртуальної хімічної лабораторії під час дистанційного навчання ми визначили динаміку знань учнів. Для цього був розрахований середнього балу оцінок учнів ( $\bar{x}$ ), а також коефіцієнт росту знань ( $K_{pz}$ ). Ми порівнювали тематичні оцінки учнів восьмих та дев'ятих класів за 2020-2021-й та за 2021-2022-й навчальні роки. Згідно навчальної програми з хімії, у 8-му класі вивчається тема «Будова атома. Періодичний закон і періодична система хімічних елементів», а в 9-му – тема «Розчини» [63]. Тематична оцінка включала в себе результати навчальних досягнень учнів з урахуванням поточних тестувань, оцінок за лабораторні (в 9-му класі) та тематичні контрольні роботи. Одержані результати досліджень представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

**Рівень навчальних досягнень учнів до початку експерименту**

Клас	Середній бал оцінок	Рівень навчальних досягнень, %			
		Початковий	Середній	Достатній	Високий
8	7,71	0	36	36	28
9	6,90	0	50	30	20

Середній бал розраховувався за формулою (2):

$$\bar{x} = \Sigma B / n, \text{ де } (2)$$

$\bar{x}$  – середня оцінка,

$\Sigma B$  – сума оцінок всіх учнів,

$n$  – кількість учнів у класі.

Педагогічний експеримент тривав 7 тижнів. Під час дистанційного навчання уроки проводилися із використанням віртуальної хімічної лабораторії за розробленою методикою. За результатами тематичних оцінок, одержаних учнями наприкінці експерименту, було розраховано їх середній бал (див. табл. 3.3.).

Таблиця 3.3.

**Рівень навчальних досягнень учнів в кінці експерименту**

Клас	Середній бал оцінок	Рівень навчальних досягнень, %			
		Початковий	Середній	Достатній	Високий
8	7,75	0	25	63	12
9	7,21	7	36	43	14

Також ми провели розрахунок коефіцієнту росту знань, який визначався за формулою (3):

$$K_{p3} = \frac{\bar{x}_{\text{пот}}}{\bar{x}_{\text{мин}}}, \text{ де} \quad (3)$$

$K_{p3}$  – коефіцієнт росту знань,

$\bar{x}_{\text{пот}}$  – середня оцінка класу за поточний період,

$\bar{x}_{\text{мин}}$  – середня оцінка класу за минулий період.

Якщо  $K_{p3} > 1$ , це свідчить про те, що рівень знань учнів зростає;  $K_{p3} \approx 1$ , означає, що рівень знань залишився на попередньому рівні, що потребує подальших досліджень з боку вчителя;  $K_{p3} < 1$ , свідчить про зниження рівня знань учнів.

Розрахований коефіцієнт росту знань становить для 8-го класу – 1,005, для 9-го – 1,045. Отримані результати свідчать про слабкий позитивний вплив застосування ВХЛ на рівень навченості учнів.

Аналізуючи одержані результати в цілому, варто зазначити, що ідея використання віртуальних лабораторій при дистанційному вивченні хімії загалом себе виправдовує, отримуючи позитивний відгук учнів. Особливістю дистанційного режиму є те, що учень в більшості часу виконує роботу самостійно і в зручний для себе час. Оскільки навіть серйозні завдання на кшталт побудови кривої розчинності виглядають як такий собі ігровий квест, вони відповідають сучасному тренду на гейміфікацію навчання. Можливо, такі завдання і не здатні відірвати підлітка від комп'ютера чи смартфона, проте вони наповнюють сам ігровий процес змістовним навантаженням. Ми, в свою чергу, плануємо продовжувати наші подальші дослідження в цьому напрямку.

## ВИСНОВКИ.

У кваліфікаційній роботі досліджено можливості використання віртуальних хімічних лабораторій під час дистанційного навчання. Одержані результати дозволили сформулювати наступні висновки.

1. Аналіз методичної та дидактичної літератури показав, що існує цілий ряд проблем, пов'язаних із організацією дистанційного навчання на уроках хімії. Однією із них є забезпечення візуалізації навчального матеріалу та проведення лабораторних робіт. Вважаємо, що застосування віртуальних хімічних лабораторій може стати шляхом вирішення цієї проблеми і в умовах онлайн- і очного навчання.

2. Визначено, що до віртуальних хімічних лабораторій відносять програмні продукти, що моделюють об'єкти вивчення хімії та процеси, які з ними відбуваються. Досліджено ряд таких програмних засобів з огляду на можливість їхнього застосування під час дистанційного навчання хімії в школі та обрано два продукти, які не вимагають спеціального обладнання та є доступними і безкоштовними – онлайн колекцію симуляцій PhET і віртуальну хімічну лабораторію IrYdium VLab.

3. Експериментально перевірено доцільність використання віртуальних хімічних лабораторій під час дистанційного навчання. Для цього були визначені зміни середнього балу оцінок учнів а також коефіцієнт росту знань. Зафіксована тенденція до їх зростання свідчить про ефективність використаної методики. Також було проведено анкетування, яке засвідчило позитивне ставлення учнів до нових ігроподібних інструментів і зростання у них інтересу до виконання лабораторних дослідів на уроках хімії. Разом з тим варто відзначити, що застосування віртуальних хімічних лабораторій під час дистанційного навчання покликане лише частково вирішити проблему виконання лабораторних і практичних робіт і не може помітно змінити рівень мотивації учня до навчання.

4. Розроблено методичні рекомендації щодо застосування віртуальної хімічної лабораторії IrYdium VLab під час виконання лабораторних робіт з тем «Температура і розчинність солей» і «Розчинність речовин, її залежність від різних чинників» для курсу хімії 9-го класу в темі «Розчини».



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Esteves, N., Buttimer, C. J., Faruqi, F., Soukab, A., Fourkiller, R., Gutierrez, H., & Reich, J. (2021, September 21). The Teachers Have Something to Say: Lessons Learned from U.S. PK-12 Teachers During the COVID-impacted 2020-21 School Year. DOI: <https://doi.org/10.35542/osf.io/h8gacc>.
2. Nechypurenko P. Using the Cloud-Oriented Virtual Chemical Laboratory VLab in Teaching the Solution of Experimental Problems in Chemistry of 9th Grade Students [Electronic resource] . ICTERI 2019: ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer : Proceedings of the 15th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications. Integration, Harmonization and Knowledge Transfer. Volume II: Workshops. Kherson, Ukraine, June 12-15, 2019 / Edited by : Vadim Ermolayev, Frédéric Mallet, Vitaliy Yakovyna, Vyacheslav Kharchenko, Vitaliy Kobets, Artur Kornilowicz, Hennadiy Kravtsov, Mykola Nikitchenko, Serhiy Semerikov, Aleksander Spivakovsky. – (CEUR Workshop Proceedings, Vol. 2393). – P. 968- 983. – URL : [http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper\\_329.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-2393/paper_329.pdf) (Last accessed: 05.12.2021).
3. Perraton, H. A theory for distance education. In *D. Sewart, D. Keegan, & B. Holmberg (Eds.), Distance education: International perspectives*. New York: Routledge N.Y. Routledge. 1988. 248 p.
4. Robinson J. Virtual Laboratories as a teaching environment: A tangible solution or a passing novelty? 3rd Annual CM316 Conference on Multimedia Systems, based at Southampton University. 2003. URL : <http://mms.ecs.soton.ac.uk/mms2003/papers/5.pdf>. (Last accessed: 05.12.2021).
5. Virtual Lab . Powered by ChemCollective. URL : <http://chemcollective.org/vlabs> (Last accessed: 05.12.2021).
6. Virtulab. Виртуальная образовательная лаборатория. Экология. URL: [http://www.virtulab.net/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=41&Itemid=101](http://www.virtulab.net/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=41&Itemid=101) . (Дата звернення 05.12.2021)
7. Антонченко М.О. Розвиток інформаційно-цифрової компетенції педагогічних працівників. *Освітні інновації: філософія, психологія, педагогіка*»: збірник наукових статей у двох частинах. Частина 1 / За заг. ред. О.В. Засименко. Суми: ФОП Цьома С.П., 2018. С. 134-140.

8. Бабенко О. М., Харченко Ю. В., Касьяненко Г. Я. Аналіз готовності вчителів міста Суми та Сумської області до дистанційного навчання. *Актуальні питання природничо-математичної освіти* : збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Сумський державний педагогічний ун-т ім. А. С. Макаренка ; [голова редкол. О. С. Чашечникова ; редкол.: В. Г. Бевз, Н. В. Бровка, В. Ватсон та ін.]. Суми : Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2020. Вип. 1 (15). С. 5–12. DOI: 10.5281/zenodo.4453031.
9. Биков В. Ю. Дистанційна освіта: актуальність, особливості і принципи побудови, шляхи розвитку та сфера застосування: монографія. Київ : Атіка, 2005. С. 77-92.
10. Бугайчук К.Л. Дистанційне та електронне навчання: сутність, особливості, співвідношення. *Вісник післядипломної освіти*, 2014. С. 17-27.
11. Бугайчук, К. Л. Гейміфікація у навчанні: сутність, переваги, недоліки. *Дистанційна освіта України 2015*: зб. матеріалів Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 19-20 листопада 2015 р.). Харків : ХАДІ, 2015. С. 39-43.
12. Бусел В.Т. Великий тлумачний словник сучасної української мови : 250000. Київ; Ірпінь: Перун, 2005. VIII. 1728 с.
13. Віртуальна хімічна лабораторія. URL: <https://kdpu.edu.ua/khimii-ta-metodyky-ii-navchannia/tsikava-khimiia/dlia-vseznaiok/5928-virtualna-khimichna-laboratoriia.html>. . (Дата звернення 05.12.2021).
14. Гончаренко С. У. Український педагогічний словник. Київ. 1997. С. 376.
15. Грабовий А. К. Навчальний хімічний експеримент у класах профільного навчання. *Педагогічні науки. Профільна освіта* : зб. наук. праць. Ч. 1. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2009. С. 31-39.
16. Грабовий А. К. Хімічний експеримент і освітні технології загальноосвітніх закладах: методичний посібник для вчителів. Черкаси: Вид. ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2008. 196 с.
17. Гурняк І.А. Використання Google Forms і Microsoft Forms в процесі навчання. *Фізико-математична освіта*. 2018. Вип.2. С. 40-45. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/fmo\\_2018\\_2\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/fmo_2018_2_10).

18. Демонстраційні матеріали до підручника "Хімія. 8 клас" видавництво "Ранок". URL: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLTUL6SRq2lBvMjUrCH3ZeTi3V9bkvrfHr>. (Дата звернення 05.12.2021).
19. Демченко В. Функціональна неграмотність - гуманітарна загроза людству? *Нова педагогічна думка*. 2017. № 4. С. 7-9. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd\\_2017\\_4\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npd_2017_4_3). (Дата звернення 05.12.2021).
20. Деркач Т. М. Інформаційні технології у викладанні хімічних дисциплін : [навчально-методичний посібник для студентів вищих навчальних закладів]. Дніпропетровськ : Вид. ДНУ, 2008. 335 с.
21. Деякі питання організації дистанційного навчання (Наказ МОН України). №1115 (08.09.2020). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0941-20#n22>. (Дата звернення 05.12.2021).
22. Дистанційне навчання в країнах Європейського Союзу та Україні: реалії та перспективи. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія : Педагогіка, психологія, філософія. 2016. Вип. 233. С. 101-106. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_ped\\_2016\\_233\\_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_ped_2016_233_17). (Дата звернення 05.12.2021).
23. Дистанційне навчання в умовах карантину: досвід та перспективи. Аналітико-методичні матеріали. за заг. ред. О.М.Топузова; укл. М.В.Головко. Київ : Педагогічна думка, 2021.192 с.
24. Євангеліст О. О. Віртуальні хімічні лабораторії як засіб підтримки навчально-дослідницької діяльності учнів з хімії при вивченні теми «Розчини» : магістерська робота студентки спеціальності 014 Середня освіта (Хімія). наук. керівник П. П. Нечипуренко. Кривий Ріг, 2019. 94 с.
25. Жук Ю. О., Соколюк О. М. Інтернет орієнтовані педагогічні технології: проблема інтерпретації поняття. *Інформаційні технології і засоби навчання*. К. : ІТЗН НАПН України, 2012. № 5 (27). URL : <http://www.jornal.iitta.gov.ua/index.php/article/view/>. (Дата звернення 05.12.2021).
26. Загорский В.В. Интернет-ресурсы для учителя. *Химия в школе*. 2003. №9. С. 2–7.

27. Зеленов, Є. А., Кобзарь, М. В., Теміров, В. І. (2021). Проблеми дистанційного навчання: досвід та перші висновки. *Духовність особистості: методологія, теорія і практика*, 100(1), 83-92. DOI: <https://doi.org/10.33216/2220-6310-2021-100-1-83-92>.
28. Зимина А. И. Методика эффективного использования цифровых лабораторий на уроках химии в общеобразовательной школе : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Москва, 2012. С. 21.
29. Іващенко Р. П. Переваги та недоліки дистанційного навчання. *Вісник Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького*. Черкаси: ЧНУ, 2008. Вип. 125. С.62–66.
30. Каяліна С. В. Розвиток пізнавальної самостійності учнів засобами комп'ютерної техніки на уроках хімії : автореф. дис. канд. пед. наук : Київ, 2004. С. 21.
31. Ковпак О.С. Основні етапи розвитку заочної педагогічної освіти в Україні (50–80-ті рр. ХХ ст.). *Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка: педагогічні науки*. 2017. № 1 (306). Ч.3. С. 251–260.
32. Кремінський, Б. Г. Переваги та недоліки дистанційного навчання. перші висновки з досвіду упровадження. *Підготовка майбутніх учителів фізики, хімії, біології та природничих наук у контексті вимог Нової української школи*: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. 14 травня 2020 р., м. Тернопіль. 270 с.
33. Лёвкин А. Н. Технология проектирования и применения компьютерных обучающих программ по химии для средней школы на основе имитационного моделирования : дис. канд. пед. наук : Санкт-Петербург, 2002. С. 225.
34. Литвин З. Чи став COVID-19 чорним лебедем для української освіти? Сайт «Новое время». ТОВ «Видавничий дім «Медіа-ДК» (дата публікації: 17.04.2020). URL: <https://nv.ua/ukr/biz/experts/distanciynе-navchannya-pomilki-taheyт-shcho-ne-tak-iz-ukrajinskoyu-sistemoyu-osviti-50082890.html>. (Дата звернення 05.12.2021).
35. Литвинова С. Г. Використання технології мультисенсорного навчання для підвищення якості освіти в закладах загальної середньої освіти. *Звітна наукова конференція Інституту інформаційних технологій і засобів*

навчання НАПН України: матеріали наук. конф., (Київ, 2020 р.). НАПН України, Ін-т інформаційних технологій і засобів навч. К.: ІТЗН НАПН України, 2021.

36. Методичні рекомендації щодо організації виховної роботи в умовах карантину. URL: <http://ippo.edu.te.ua/2020/04/27/metodichni-rekomendaci%D1%97-shhodo-organizaci%D1%97-vixovno%D1%97-roboti-v-umovax-karantinu/>. (Дата звернення 05.12.2021).

37. Мехед К. М. Гейміфікація навчання як інноваційний засіб реалізації компетентнісного підходу у закладах вищої освіти. *Вісник Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка*. Педагогічні науки. Чернігів, 2020. Вип. 7 (163). С. 19-22.

38. Мізюк В. Проблеми впровадження технологій дистанційного навчання в заклади загальної середньої освіти під час карантину та шляхи їх вирішення *Актуальні питання гуманітарних наук*. Вип 31, том 4, 2020. С. 32-38.

39. Нетрибійчук О. Використання хмарних сервісів і технології перевернутого навчання на уроках хімії. *Біологія і хімія в рідній школі*. 2017. №5. С. 2–3.

40. Нечипуренко П. П. Віртуальні хімічні лабораторії в процесі навчання хімії: сучасний стан та перспективи. *Наук. часоп. НПУ ім. М. П. Драгоманова*. Сер. № 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи : зб. наук. пр. / за ред. проф. В. П. Покася, В. С. Толмачової. К. : Вид-во НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2012. Вип. 33. С. 95 – 102.

41. Нечипуренко П. П. Інтеграція віртуальної хімічної лабораторії Virtual Lab із системою Moodle .*Третя міжнародна науково-практична конференція «MoodleMoot Ukraine 2015. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»* (Київ, КНУБА, 21- 22 травня 2015 р.) : тези доповідей. Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет будівництва і архітектури, Національна академія педагогічних наук України, Інститут інформаційних технологій і засобів навчання. К., 2015. С. 43.

42. Осадча К. П., Осадчий В. В. Технології дистанційного навчання. Робота з Moodle 2.4. Навчальний посібник. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. С.39.

43. Осадча К. Сучасні зарубіжні дослідження дистанційних технологій навчання. *Педагогіка і психологія професійної освіти*. 2012. №6. С. 229-234.
44. Осадчий В.В. Соціальні Інтернет-мережі як засіб дистанційного навчання. *Вісник післядипломної освіти: зб. наук. праць*. Вип. 7(20). К: «АТОПОЛ», 2012. С. 169.
45. Островерхова Н. М. Аналіз уроку: концепції, методики, технології. Інститут педагогіки АПН України . Київ : ІНКОС, 2003. 351 с.
46. Панченко Л. Ф. Віртуальні лабораторії для майбутніх хіміків. *Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2008* : сб. науч. тр. по материалам междунар. науч.- практ. конф. Т. 17. Педагогика, психология и социология. Одесса : Черноморье, 2008. С. 17-18.
47. Пастушенко О.А. Переваги та недоліки дистанційного навчання. *ЛЮГОС. Мистецтво наукової думки*. 2019. № 4. С. 91–93.
48. Переяславська С. О., Смагіна О. О. Гейміфікація як сучасний напрям вітчизняної освіти. URL: <https://openedu.kubg.edu.ua/journal/index.php/openedu/article/view/230>.
49. Підгорна Т. В. Віртуальні лабораторії як засіб інтелектуального розвитку. *Матеріали 3-ї міжнародної науково-практичної конференції "Віртуальний освітній простір: психологічні проблеми" 2014 (до 85- річчя Ю.І. Машибиця)*. 2014. URL: <http://www.newlearning.org.ua/content/tezi-dopovidey-3-yi-mizhnarodnoyinaukovo-praktichnoyi-konferenciyi-virtualniy-osvitniy>. (Дата звернення 05.12.2021).
50. Прибора Н.А. Підготовка майбутнього вчителя до використання хімічного експерименту в загальноосвітніх навчальних закладах: автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Нац. пед. ун-т ім. М. П. Драгоманова. Київ, 2011. 18 с.
51. Про затвердження Положення про дистанційне навчання (Наказ МОН України). № 466 (2013). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>. (Дата звернення 05.12.2021).
52. Про Національну програму інформатизації (Закон України). № 27-28, ст.181 (1998). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/98-вр>. (Дата звернення 05.12.2021).



53. Прохорова Л. А. Нові педагогічні технології: система дистанційного навчання Moodle у викладанні природничих дисциплін. *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку*: зб. матеріалів третьої Міжнар. наук.-практ. конф. ОЛДІ-ПЛЮС, Херсон, 2020. р. 886-889.
54. Рашковський П. О. Наочність як один із основних принципів навчання. *Науковий вісник Мелітопольського державного педагогічного університету ім. Богдана Хмельницького* : збірник наукових праць. Серія. Педагогіка. 2011. № 6. С. 332–337.
55. Свідовська В. А. Розвиток дистанційної освіти в початкових закладах Канади ХХ – початку ХХІ століття. *Наук. вісн. Ужгород. нац. ун-ту*. Сер. „Педагогіка. Соціальна робота”. 2015. № 35. С. 166-169.
56. Соломаха К. В., Гаркавий С. І. Проблеми та перспективи дистанційної освіти в Україні. *Довкілля та здоров'я*. 2020. № 3. С. 60–64.
57. Статкевич А. Г. Становлення відкритого університету великої Британії (історичний аспект). URL: <http://eprints.zu.edu.ua/2460/1/138-141.pdf>. (дата звернення: 05.12.2021)
58. Титова Н. М. Електронний журнал обліку успішності студентів як ефективний інструмент моніторингу якості вищої освіти. *Innovative processes in education: Collective monograph*. – AMEET Sp. z o.o., Lodz, Poland, 2017. Р. 218–229.
59. Ткаченко О. Гейміфікація освіти: формальний і неформальний простір. URL: <http://dspu.edu.ua/hsci/wp-content/uploads/2017/12/011-45.pdf>. (Дата звернення 05.12.2021).
60. Тополя Л.В. Методичні та психолого-фізіологічні вимоги до створення презентацій. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*. Серія 2 : Комп'ютерно-орієнтовані системи навчання. 2011. №. 10. С. 63-67.
61. Трухин А. В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании. *Открытое и дистанционное образование*. 2002. № 4 (8). С. 67-69.
62. Тукало М.Д. Навчальний хімічний експеримент та особливості його організації в гуманітарних класах профільної школи. *Інформаційні технології і засоби навчання*. Київ, ІТЗН НАПН України. 2012. Том 3 (29). URL:

<http://www.jornal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/570>. (Дата звернення 05.12.2021).

63. Хімія 7-9 класи: Навчальна програма для загальноосвітніх навчальних закладів. Міністерство освіти і науки України 2017. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/onovlennya-12-2017/10-ximiya-7-9.doc>. (Дата звернення 05.12.2021).

64. Шабанова Ж. В. Становление исследовательской компетентности старшеклассников в процессе информатизации образования : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Саранск, 2009. 18 с.

65. Шаран Р. Етапи розвитку дистанційної освіти у США. *Порівняльна професійна педагогіка*. 2011. №2. С. 34-42.

66. Шацька О. П. Підготовка вчителів у системі дистанційної освіти Китаю. *Наукові праці. Сер.: Педагогіка, психологія і соціологія*. Вип. 5. Ч. II. Донецьк : ДВНЗ „ДонНТУ”, 2009. С. 49 – 54.

67. Шмиголь М. Ф., Юшкевич Ю. С. Віртуальна реальність як феномен інформаційного суспільства: світоглядний аспект. *Гілея: науковий вісник*. 2019. Вип. 142(2). С. 212-215.

68. Шпагіна О. В. Обґрунтування етапів розвитку дистанційної освіти. *Педагогічний процес: теорія і практика*. 2013. Вип. 3. С. 181 – 186.