



ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА НАВЧАННЯ

УДК 37.016: 543 (07)

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.14767735>

Роль сучасних технологій в інклюзивному викладанні хімії через мультимедійні засоби

Шафорост Юлія Анатоліївна

кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії та наноматеріалознавства, Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, м. Черкаси, бул. Шевченка, 81, 18031, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-0002-2803>

Прийнято: 03.01.2025 | Опубліковано: 19.01.2025

***Анотація.** Сучасні технології відіграють ключову роль у забезпеченні інклюзивного викладання хімії, оскільки мультимедійні засоби дозволяють адаптувати навчальний процес до індивідуальних потреб учнів з особливими освітніми потребами. Актуальність дослідження зумовлена зростаючою потребою забезпечення рівного доступу до якісної освіти для всіх учнів, включаючи тих, які мають особливі освітні потреби. Однією з ключових проблем сучасної освіти є інтеграція інклюзивного навчання, яке вимагає використання інноваційних підходів і технологій. Зокрема, викладання хімії в інклюзивному середовищі стикається з труднощами адаптації складного навчального матеріалу, що часто є недостатньо візуалізованим і доступним для учнів з порушеннями слуху, зору чи іншими особливостями. **Мета** дослідження полягала в адаптації мультимедійних технологій для інклюзивного викладання хімії в Україні. Для досягнення мети використовувалися **методи**: аналіз літератури, експериментальне навчання із застосуванням таких інструментів, як*



віртуальні лабораторії, AR/VR технології, інтерактивні відеоматеріали та елементи гейміфікації. Основні **результати** свідчать про те, що використання сучасних мультимедійних технологій, таких як віртуальні лабораторії, інтерактивні відео та елементи гейміфікації, значно підвищує ефективність та доступність навчання хімії для учнів з особливими освітніми потребами. 78% учнів, які брали участь у експериментальному навчанні, продемонстрували покращення розуміння хімічних концепцій, 63% учнів із порушеннями слуху відзначили ефективність використання субтитрів у відеоматеріалах, а 71% учнів із порушеннями зору високо оцінили адаптовані презентації з аудіосупроводом. Також 85% усіх учасників повідомили про зростання мотивації до навчання завдяки застосуванню ігрових елементів у процесі вивчення. **Висновки** дослідження підкреслюють важливість інтеграції сучасних мультимедійних засобів у навчальний процес як ефективного інструменту для забезпечення інклюзивного викладання хімії та формування в учнів з особливими освітніми потребами глибокого розуміння предмету. Проте для широкомасштабного впровадження цих інструментів необхідно вдосконалити технічну базу навчальних закладів, забезпечити систематичну підготовку педагогів і створити комплекс адаптованих навчальних матеріалів.

Ключові слова: мультимедійні технології, інклюзивне навчання, хімія, віртуальні лабораторії, гейміфікація, особливі освітні потреби.

The role of modern technologies in inclusive teaching of chemistry through multimedia means

Yuliia Shaforost

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Chemistry and Nanomaterials Science, Bohdan Khmelnytskyi Cherkasy National University, Cherkasy, Shevchenko Blvd., 81, 18031, Ukraine,

<https://orcid.org/0000-0002-0002-2803>

***Abstrac.** Modern technologies play a key role in ensuring inclusive teaching of chemistry, as multimedia tools allow adapting the educational process to the individual needs of students with special educational needs. The relevance of the study is due to the growing need to ensure equal access to quality education for all students, including those with special educational needs. One of the key problems of modern education is the integration of inclusive learning, which requires the use of innovative approaches and technologies. In particular, teaching chemistry in an inclusive environment faces difficulties in adapting complex educational material, which is often insufficiently visualized and accessible to students with hearing, vision or other disabilities. **The purpose** of the study was to adapt multimedia technologies for inclusive teaching of chemistry in Ukraine. To achieve the goal, the following **methods** were used: literature analysis, experimental learning using tools such as virtual laboratories, AR/VR technologies, interactive video materials and gamification elements. The main **results** indicate that the use of modern multimedia technologies, such as virtual laboratories, interactive videos and gamification elements, significantly increases the effectiveness and accessibility of chemistry teaching for students with special educational needs. 78% of students who participated in experimental learning demonstrated an improvement in understanding of chemical concepts, 63% of students with hearing impairments noted the effectiveness of using subtitles in video materials, and 71% of students with visual impairments highly appreciated adapted presentations with audio support. Also, 85% of all participants reported an increase in motivation to learn due to the use of game elements in the learning process. The **study** findings emphasize the importance of integrating modern multimedia tools into the educational process as an effective tool for ensuring inclusive chemistry teaching and developing a deeper understanding of the subject in students with special educational needs. However, for the large-scale implementation of these tools, it is necessary to improve the technical base of educational institutions, ensure systematic training of teachers and create a set of adapted educational materials.*

Keywords: *multimedia technologies, inclusive education, chemistry, virtual laboratories, gamification, special educational needs.*

Постановка проблеми. Сучасне суспільство розвивається в напрямку інклюзивності, що відображається і в освітній системі. Інклюзивне навчання передбачає створення рівних можливостей для всіх студентів, незалежно від їхніх фізичних, психічних чи соціальних особливостей. Однією з найбільших проблем є адаптація традиційних методик викладання, зокрема в таких складних науках, як хімія, для студентів з особливими потребами.

Викладання хімії часто передбачає використання складних абстрактних понять, демонстрацій хімічних процесів та лабораторних експериментів, які можуть бути важкодоступними для студентів з різними порушеннями здоров'я. Тому виникає необхідність у використанні сучасних технологій, які можуть стати потужним інструментом у вирішенні цієї проблеми.

Мультимедійні засоби (відео, анімації, інтерактивні презентації, візуалізація хімічних процесів) мають великий потенціал для адаптації навчальних матеріалів до потреб різних груп студентів. Вони дозволяють зробити процес навчання більш доступним і цікавим, особливо для студентів з обмеженими можливостями, надаючи можливість візуалізувати важкі концепти, що неможливо зробити лише за допомогою традиційних підходів.

Проте, незважаючи на високий потенціал мультимедійних технологій, існує низка проблем, що ускладнюють їхнє широке застосування в інклюзивному навчанні хімії:

- Низький рівень технічного забезпечення навчальних закладів.
- Недостатня підготовка викладачів до роботи з мультимедійними інструментами.
- Обмежений доступ до спеціалізованих програм і ресурсів для адаптації контенту.

Таким чином, постає питання ефективності та можливостей використання мультимедійних засобів в інклюзивному навчанні хімії, а також потреби у розробці нових методик, які дозволять подолати ці бар'єри і зробити навчання доступним для всіх студентів.

Ця проблема вимагає дослідження, яке дозволить не лише оцінити поточний стан використання мультимедійних технологій в інклюзивному навчанні хімії, але й розробити рекомендації для подальшого впровадження таких засобів в освітній процес.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні технології все більше впроваджуються у викладання хімії, сприяючи інклюзивності навчального процесу через використання мультимедійних засобів. В останні роки дослідники зосередили увагу на розвитку технологій, що забезпечують рівні можливості для здобувачів освіти з особливими освітніми потребами.

Дослідження [1] свідчать, що використання віртуальної платформи Labster є ефективним засобом для організації дистанційного навчання хімії, особливо в умовах воєнного часу, що відкриває нові можливості для інклюзивного навчання.

У статті [2] аналізується застосування інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) у навчанні студентів з особливими освітніми потребами, зокрема інтеграція музичних інструментів і технологій. Наведено результати дослідження, в якому студенти з інвалідністю протягом трьох місяців проходили курс музики за допомогою мультимедійного інструменту PLAIME. Дослідження показало покращення музичних знань, ІКТ-навичок і позитивні зміни у поведінці учасників.

Rakhimova K. у своїй роботі «The role of multimedia platforms in increasing the efficiency of teaching and learning» [3] аналізує роль мультимедійних платформ у підвищенні ефективності викладання та навчання. Авторка зазначає, що мультимедійні платформи дозволяють використовувати різноманітні види

контенту (відео, аудіо, графіка, інтерактивні елементи) для досягнення освітніх цілей, що сприяє ефективнішому засвоєнню матеріалу.

Vaumann T. та Melle I. [4] вивчали вплив цифрового навчального середовища, розробленого за концепцією Універсального дизайну для навчання (UDL), на інклюзивне викладання хімії. Результати показали, що програмне забезпечення значно покращило знання хімічних реакцій у 89 учнів, включаючи 16 учнів з особливими освітніми потребами (SEN), та отримало позитивні відгуки щодо зручності використання.

Автори Ghergulescu та ін. [5] акцентують увагу на ефективності використання інтерактивної віртуальної лабораторії Atomic Structure у STEM-освіті для учнів із особливими освітніми потребами. У дослідженні розглянуто персоналізований підхід до навчання, що реалізується через інтерактивні інструменти, такі як відео, вікторини та конструктор атомів. Результати показали значне покращення навчальних результатів і мотивації учнів, зокрема їхньої впевненості, а також високий рівень задоволеності від використання лабораторії.

У дослідженні [6] автори аналізують потенціал використання технологій доповненої реальності (AR) у викладанні хімії. Показано, що AR сприяє підвищенню ефективності самостійної роботи студентів, розвитку дистанційного навчання та візуалізації хімічних структур. У Криворізькому державному педагогічному університеті створено базу хімічного посуду, віртуальну лабораторію та методичні матеріали із застосуванням AR.

Як бачимо, одним із важливих напрямків сучасного інклюзивного викладання є використання мультимедійних технологій. Зокрема, дослідження Ndoh та Umbugadu [7] вивчає вплив мультимедійних навчальних матеріалів на викладання основних наукових концепцій учням з порушеннями слуху в Nasarawa State, Нігерія. Автори зазначають, що використання мультимедійних матеріалів допомагає здобувачам освіти з порушеннями слуху краще розуміти та запам'ятовувати наукові концепції, а також сприяє їхній мотивації під час навчання. Це дослідження підтверджує важливість мультимедійних засобів у

процесі інклюзивного навчання, зокрема в контексті навчання хімії для учнів з особливими освітніми потребами.

Інше дослідження, проведене Ramadani, Nadila та Utami [8], зосереджується на розробці анімованих навчальних відео для покращення розуміння концепцій серед учнів з порушеннями слуху. Дослідження показало, що такі відео значно полегшують засвоєння складних наукових концепцій, завдяки використанню візуальних засобів для подолання обмежень традиційних матеріалів та словникового запасу учнів з порушеннями слуху. Відео, перевірені на учнях 10 класу спеціалізованої середньої школи в Магеланзі, показали високий рівень ефективності, зокрема через високу валідність контенту та медіа. Результати оцінки ефективності підтвердили значне покращення розуміння теми серед учнів, що вказує на великі можливості анімованих відео для підтримки інклюзивного навчання.

Дослідження Ghasemi Arganeh, Pourroostaei Ardakani, Mohseni Ezhiyeh та Fathabadi [9] вивчає вплив гейміфікації на освітню мотивацію учнів з інтелектуальними порушеннями. У рамках експерименту дві групи здобувачів освіти (контрольна та експериментальна) проходили курс навчання, де експериментальна група використовувала ігрові методи. Результати показали, що гейміфікація [10] значно покращує як внутрішню, так і зовнішню мотивацію учнів, що підвищує їхню ефективність у навчальному процесі. Це дослідження підкреслює потенціал ігрових методів у підвищенні мотивації учнів з особливими потребами, що є важливим аспектом інклюзивного навчання.

Сучасні дослідження демонструють різноманітні підходи до використання технологій для інклюзивного викладання хімії, зокрема через мультимедійні засоби. Приділяється особлива увага застосуванню таких інструментів, як віртуальні лабораторії, анімовані відео, технології доповненої реальності та гейміфікація, що сприяють покращенню доступності та ефективності навчання для здобувачів освіти з особливими освітніми потребами, зокрема з порушеннями слуху, зору та розумовою відсталістю.

Проте, існуючі дослідження не завжди охоплюють всі аспекти інтеграції мультимедійних технологій в інклюзивне навчання хімії, особливо з акцентом на інклюзивність навчального процесу для учнів з різними видами порушень. Враховуючи це, дана стаття розширює наявні знання, пропонуючи конкретні методи та інструменти для застосування мультимедійних засобів у викладанні хімії. Стаття також підкреслює важливість використання новітніх технологій, таких як віртуальні лабораторії, що значно підвищують доступність навчальних матеріалів для всіх категорій учнів.

Таким чином, стаття заповнює прогалини у знаннях, пропонуючи нові підходи до інтеграції мультимедійних технологій у навчання хімії, що сприяє створенню інклюзивного освітнього середовища для всіх учнів, незалежно від їхніх освітніх потреб.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри глобальний прогрес у використанні мультимедійних технологій для інклюзивного навчання хімії, в Україні ці методи ще не адаптовані для учнів з особливими освітніми потребами. Відсутні дослідження, що орієнтовані на специфіку української освітньої системи, зокрема щодо інтеграції віртуальних лабораторій, анімованих відео та гейміфікації у викладання хімії. Це створює значну прогалину в розвитку інклюзивної освіти в Україні.

Формулювання цілей статті (постановка завдання).

Метою статті є дослідження та адаптація мультимедійних технологій для інклюзивного викладання хімії в Україні. Зокрема, стаття ставить завдання:

1. Оцінити ефективність використання мультимедійних засобів (віртуальних лабораторій, анімованих відео, технологій доповненої реальності) в навчанні хімії для учнів з особливими освітніми потребами.

2. Розробити методичні рекомендації щодо інтеграції мультимедійних технологій у викладання хімії для учнів з особливими освітніми потребами в Україні.

3. Запропонувати практичні рішення для покращення доступності та інклюзивності навчального процесу за допомогою сучасних технологій у контексті українських шкіл.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасні мультимедійні технології відіграють важливу роль у викладанні хімії, створюючи інтерактивне, візуально насичене та доступне навчальне середовище [11, 12]. Серед ключових інструментів вирізняються віртуальні лабораторії, такі як Labster і ChemCollective, які дозволяють безпечно й ефективно проводити лабораторні експерименти у симульованому середовищі, що є особливо актуальним за умов високої вартості, складності чи небезпеки реальних експериментів [13, 14]. Технології доповненої та віртуальної реальності (AR/VR) забезпечують тривимірну візуалізацію молекулярних структур і хімічних реакцій, полегшуючи розуміння абстрактних понять. Інтерактивні відеоматеріали з елементами тестування активно застосовуються для пояснення складних концепцій, таких як термодинаміка чи хімічна кінетика. Онлайн-платформи (Moodle, Edmodo, Google Classroom) інтегрують мультимедійні матеріали в освітній процес, забезпечуючи доступність та зручність використання. Інтерактивні хімічні ігри, наприклад, Molecule Madness або ChemCaper, мотивують учнів до вивчення предмета через ігрові елементи. Програми на кшталт ChemDraw і Avogadro дозволяють моделювати молекули, візуалізувати хімічні процеси та виконувати розрахунки [15]. Презентації, як універсальний інструмент, забезпечують можливість об'єднання тексту, графіки, анімацій та відео в єдиний наочний і структурований навчальний матеріал, що сприяє кращому засвоєнню інформації.

Отже, сучасні мультимедійні технології значно розширюють можливості викладання хімії, роблячи навчальний процес більш інтерактивним, доступним і ефективним. Від віртуальних лабораторій та AR/VR-технологій до інтерактивних відео, онлайн-платформ, ігор та презентацій – ці інструменти сприяють не лише кращому розумінню складних концепцій, а й підвищенню мотивації учнів. Їх застосування дозволяє адаптувати навчальні матеріали до

різних потреб і рівнів підготовки здобувачів освіти, що особливо важливо в контексті інклюзивного навчання.

Мультимедійні засоби відіграють ключову роль у створенні інклюзивного освітнього середовища, забезпечуючи доступність і адаптацію навчальних матеріалів для здобувачів освіти з різними потребами. Вони дозволяють створювати адаптовані навчальні матеріали, наприклад, інтерактивні презентації з великими шрифтами, кольоровими виділеннями та аудіопідтримкою для учнів із порушеннями зору. Для здобувачів освіти з порушеннями слуху ефективними є відеоматеріали із субтитрами або анімовані ролики, які допомагають зрозуміти складні хімічні концепції, зокрема реакції чи молекулярні структури. Для дітей з порушеннями розвитку мультимедійні засоби також мають значну цінність, оскільки інтерактивні ресурси дозволяють їм засвоювати матеріал у власному темпі, з наочними поясненнями та повторюваними вправами. Для дітей з мовленнєвими порушеннями мультимедійні технології можуть включати в себе текстові та голосові пояснення, що сприяють покращенню розуміння та формуванню навичок виразного мовлення. Водночас мультимедійні інструменти дозволяють створювати контент, який можна адаптувати до індивідуальних потреб учнів, наприклад, за допомогою субтитрів чи голосових асистентів. Дітям з порушеннями опорно-рухового апарату мультимедійні засоби допомагають у навчанні через зручні інтерфейси, що не вимагають фізичної активності, що дозволяє їм зосередитись на засвоєнні матеріалу без фізичних обмежень. Інтерактивні ігри з елементами гейміфікації мотивують учнів до активного навчання, створюючи середовище для експериментів, вирішення завдань і отримання миттєвого зворотного зв'язку. Мультимедійні засоби забезпечують індивідуалізований підхід до навчання, сприяючи рівності у доступі до знань.

У дослідженнях, проведених у Комунальному опорному закладі «Виноградський навчально-виховний комплекс «Дошкільний навчальний заклад – загальноосвітня школа I-III ступенів» Виноградської сільської ради, Черкаської області, та Черкаській загальноосвітній школі I-III ступенів №32 Черкаської

міської ради Черкаської області, було оцінено ефективність мультимедійних технологій у навчанні хімії. Зокрема, було проведено експериментальне навчання з використанням віртуальних лабораторій, інтерактивних відео, а також гейміфікації в навчальному процесі.

Результати показали, що учні, які брали участь у навчанні з мультимедійними технологіями, продемонстрували значне покращення в розумінні хімічних концепцій. Зокрема, 78% учнів зазначили, що їм стало легше розуміти складні теми, такі як хімічні реакції, будова атома, органічна та неорганічна хімія, після використання віртуальних лабораторій та інтерактивних відео. 63% учнів з порушеннями слуху повідомили про покращення результатів завдяки субтитрам у відеоматеріалах, а 71% учнів з порушеннями зору оцінили доступність інтерактивних презентацій з великими шрифтами та аудіопідтримкою.

Крім того, 85% учнів, які активно використовували гейміфікацію (наприклад, хімічні ігри або симуляції реакцій), повідомили про значне покращення їхньої мотивації до навчання. Підвищення результатів було особливо помітним серед учнів з інтелектуальними порушеннями, де рівень успішності з предмету підвищився на 18% порівняно з традиційним методом навчання.

Однак адаптація мультимедійних технологій в Україні стикається з певними викликами. 52% педагогів, що брали участь у дослідженні, зазначили, що їм бракує належної підготовки для ефективного використання цих інструментів. Більше того, 43% учнів відзначили обмежений доступ до високоякісних мультимедійних засобів, таких як віртуальні лабораторії та AR/VR технології, в їхніх навчальних закладах.

Загалом, переваги використання мультимедійних засобів очевидні: підвищення мотивації учнів (80% учнів погодились, що мультимедійні засоби роблять навчання більш цікавим), покращення розуміння складних хімічних концепцій (75% учнів зазначили, що їм стало легше засвоювати матеріал), а

також забезпечення більш доступного навчання для учнів з різними освітніми потребами.

Однак існують і деякі обмеження: технічні проблеми, пов'язані з недостатньою кількістю пристроїв та низькою швидкістю інтернет-з'єднання в деяких школах, а також потреба в подальшому навчанні вчителів, що дозволить їм більш ефективно використовувати мультимедійні засоби для забезпечення інклюзивного навчання.

Таким чином, на основі отриманих результатів можна зробити висновок, що мультимедійні технології суттєво покращують процес навчання хімії, проте для їх ефективного впровадження необхідно вирішити питання доступності ресурсів та підготовки педагогів.

Для забезпечення інклюзивності та доступності навчання необхідно створити систему, яка адаптується до потреб учнів з різними освітніми потребами. Це передбачає розробку персоналізованих навчальних планів, що включають мультимедійні матеріали, спеціалізовані інструменти та підтримку для кожної групи учнів (діти з порушеннями слуху, зору, мовлення, з порушеннями опорно-рухового апарату тощо). Важливим аспектом є створення позитивного навчального середовища, яке сприяє формуванню мотивації до навчання, інтерактивній взаємодії та рівним можливостям для всіх учнів [16]. Підбір відповідних мультимедійних засобів дозволяє створити інклюзивне середовище, де кожен учень може отримати доступ до необхідних знань, використовуючи інструменти, що відповідають його потребам. Зокрема, це може включати використання адаптованих відеоматеріалів, інтерактивних лабораторій, а також технологій віртуальної і доповненої реальності для кращого розуміння складних хімічних концепцій.

Інтеграція мультимедійних засобів у навчальний процес України повинна стати основою сучасної освітньої стратегії. Важливо створити стандарти та методичні рекомендації для використання мультимедійних технологій у навчанні, включаючи всі типи шкіл – від загальноосвітніх до спеціалізованих. Це

дозволить створити єдину платформу для надання доступу до навчальних матеріалів, підтримки різних типів сприймання інформації та стимулювання активної участі учнів у навчальному процесі. Важливо також забезпечити навчальні заклади відповідними технічними засобами та навчанням для вчителів, що дозволить ефективно використовувати мультимедійні інструменти.

Одним з основних викликів є недостатня підготовленість педагогічних кадрів до використання мультимедійних технологій у навчальному процесі. Для подолання цього важливо включити курси та тренінги з інноваційних методів викладання, що допоможуть вчителям освоїти нові технології. Також варто врахувати технічні обмеження, такі як недостатня кількість комп'ютерної техніки та доступ до інтернету в деяких регіонах України. Вирішенням цього питання може стати розробка мобільних додатків та онлайн-платформ, доступних на різних пристроях. Ще одним викликом є забезпечення адаптації матеріалів для різних категорій учнів, що вимагає додаткових зусиль у створенні навчальних засобів, які враховують індивідуальні потреби.

Загалом, ці практичні рішення спрямовані на створення інклюзивної та доступної освітньої системи, де кожен учень, незалежно від своїх можливостей, має рівний доступ до знань і можливість розвиватися через використання мультимедійних технологій.

Висновки. Дослідження показало, що мультимедійні технології значно покращують доступність та ефективність навчання хімії для учнів з особливими потребами. Віртуальні лабораторії, презентації та технології AR/VR сприяють кращому розумінню хімічних процесів, а інтерактивні елементи, такі як відео, вікторини та ігри, допомагають учням з різними порушеннями краще засвоювати матеріал і підвищують їх мотивацію до навчання.

Освітлянам рекомендується активно впроваджувати мультимедійні технології, інтегруючи адаптовані матеріали для учнів з особливими потребами. Важливо враховувати не лише технічний бік, але й педагогічні аспекти, зокрема індивідуальний підхід до учнів. Розробникам платформ варто зосередитися на

створенні універсальних, адаптованих продуктів, зручних для учнів з різними порушеннями, враховуючи потреби інклюзивного навчання.

Для удосконалення інклюзивного навчання хімії необхідно продовжити дослідження ефективності мультимедійних технологій у різних категоріях учнів з особливими освітніми потребами, зокрема вивчити їх вплив на учнів з порушеннями мовлення, зору та порушеннями опорно-рухового апарату. Важливо також розробляти нові методи інтеграції мультимедійних технологій у навчальний процес, досліджувати можливості їх адаптації до специфічних потреб учнів, а також оцінити довготривалі ефекти використання таких технологій у навчанні. Крім того, слід провести порівняльні дослідження між різними видами мультимедійних платформ та інструментів з точки зору їх ефективності, зручності для учнів та педагогів, а також впливу на мотивацію та успішність навчання.

Список використаних джерел

1. Потаскалов В. А., Лісовська І. В., Тарасенко Н. В., Луцкін С. Є. Інноваційний підхід до дистанційного вивчення хімії - використання платформи Labster. *Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи»*. 2023. С. 259–261.
2. Cano M. D., y Sánchez-Iborra R. On the use of a multimedia platform for music education with handicapped children: A case study. *Computers & Education*. 2015. Vol. 87. P. 254–276. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.010>
3. Rakhimova K. The role of multimedia platforms in increasing the efficiency of teaching and learning. *Ta'lim, fan va innovatsiya*. 2023. P. 37.
4. Baumann T., Melle I. Evaluation of a digital UDL-based learning environment in inclusive chemistry education. *Chemistry Teacher International*. 2019. Vol. 1. №2. P. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0026>
5. Ghergulescu I., Moldovan A. N., Bratu M., Muntean C. H., Muntean G. M. A case study in STEM education for learners with special education needs. *In*



EDULEARN19 Proceedings. 2019. P. 10152–10157. DOI: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.2539>.

6. Nechypurenko P. P., Stoliarenko V. G., Starova T. V., Selivanova T. V., Markova O. M., Modlo Y. O., Shmeltser E. O. Development and implementation of educational resources in chemistry with elements of augmented reality. In: Kiv, A.E., Shyshkina, M.P. (eds.) *Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality in Education (AREdu 2019), Kryvyi Rih, Ukraine, March 22, 2019*, CEUR-WS.org, online (2020, in press).

7. Ndo U. N., Umbugadu M. A. Multimedia instructional materials in teaching basic science concepts for students with hearing impairment. *Journal of Social, Humanity, and Education.* 2024. Vol. 4. №3. P. 181–192. DOI: <https://doi.org/10.35912/jshe.v4i3.1623>

8. Ramadani S.D., Nadila P., Utami F.P. How does an animated video on human sense improving students' with hearing impairment a concept understanding?. *Research and Development in Education (RaDEn).* 2024. Vol. 4. №2. P. 1017–1029. DOI: <https://doi.org/10.22219/raden.v4i2.35262>.

9. Ghasemi Arganeh M., Pourroostaei Ardakani S., Mohseni Ezhiyeh A., Fathabadi R. Effectiveness of Gamification-based education in the educational motivation students with mental disability. *Technology of Education Journal (TEJ).* 2021. Vol. 15. №3. P. 429–438.

10. Sikora Y., Chernykh V., Shaforost Y., Danylyuk S., Chemerys I. Leveraging gamification and game-based technologies for educational purposes. *Multidisciplinary Reviews.* 2024. Vol. 7. 2024spe008. DOI: <https://doi.org/10.31893/multirev.2024spe008>

11. Решетько, Т. О. Розвиток особистості засобами інформаційно-комунікаційних технологій на уроках хімії, біології та екології. *Таврійський вісник освіти.* 2013. №1. С. 111–117.

12. Деркач Т. М., Стець Н. В., Легостаєва Т. Є., Беседін Р. С. Психолого-педагогічні основи вдосконалення процесу навчання хімії із застосуванням

мультимедійних презентацій. *Проблеми сучасної педагогічної освіти. Серія Педагогіка та психологія*. 2009. Вип. 22. №1. С. 63–71.

13. Войтович І., Войтович О., Мартинюк Г. Використання віртуальних лабораторій в процесі вивчення хімічних дисциплін. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: педагогіка*. 2021. Вип. 1. №1. С. 32–41.

14. Нечипуренко П. П. Віртуальні хімічні лабораторії в процесі навчання хімії. *Інформаційні технології в професійній діяльності : матер. VI Всеукр. наук.-практ. конф. (28.03.2012, Рівне)*. Рівне : РВВ РДГУ, 2012. С. 44–46.

15. Івченко М. Використання цифрових технологій на уроках хімії. *Збірник наукових праць*. 2023. 219 с.

16. Stepanenko O., Ohrimenko Z., Shaforost Y., Pasichnyk L., Pochynok Y. Positive learning environment in educational sphere. *Revista Eduweb*. 2022. Vol. 16. №2. P. 30–48. DOI: <https://doi.org/10.46502/issn.1856-7576/2022.16.02.2>.