

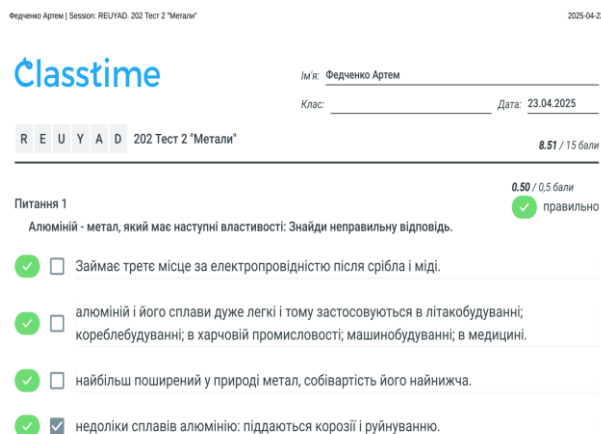


Рис. 7. Фрагмент індивідуального звіту

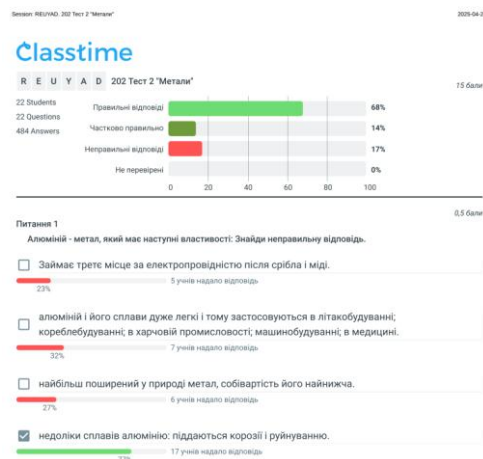


Рис. 8. Фрагмент зведеного звіту

Висновки. Платформа Classtime є ефективним цифровим інструментом для організації сучасного навчання, що поєднує технологічну гнучкість, педагогічну доцільність та зручність для учасників освітнього процесу. Використання ресурсу відповідає сучасним освітнім трендам і може бути рекомендоване як складова цифрового середовища закладу освіти для формувального та підсумкового оцінювання, а також для організації інтерактивної взаємодії між викладачем та здобувачами освіти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чуль О.С. Можливості та переваги використання платформи Classtime в освітньому процесі//Інноваційні практики наукової освіти: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції (Київ, 15–19 грудня 2022 року). – Київ: Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2022. – с. 1099 – 1102.
2. Classtime – сайт платформи. URL: <https://www.classtime.com/uk> (дата звернення: 15.05.2025)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЦИФРОВИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ФІЗИЧНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ

Чопик Павло Іванович

асистент кафедри фізики та методики її навчання,

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

chip.ukraine@gmail.com

Олексюк Василь Петрович

доктор педагогічних наук, професор кафедри інформатики та методики її навчання,

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

oleksyuk@fizmat.tnpu.edu.ua

Лабораторні заняття є ключовою складовою навчання фізики, адже вони дозволяють студентам на практиці перевіряти теоретичні знання, розвивати

експериментальні навички та наочно спостерігати фізичні явища. У контексті дистанційного або змішаного навчання постає завдання зберегти цей важливий практичний компонент. Метою впровадження дистанційного фізичного експерименту є забезпечення студентів можливістю виконувати лабораторні роботи поза межами традиційної лабораторії, через інтернет та цифрові засоби. Це дозволяє долати географічні та часові обмеження, розширюючи доступ до експериментів для тих, хто навчається віддалено чи не має доступу до обладнання.

Дистанційні експерименти виконують важливу роль у навчальному процесі:

- дають змогу підтримувати інтерес і мотивацію студентів через інтерактивність та можливість самостійно «досліджувати» явища;
- забезпечують гнучкість у навчанні;
- дозволяють синхронізувати теорію і практику;
- розширюється доступність та інклюзивність освіти;
- експерименти виховують у студентів сучасні компетентності – вміння працювати з цифровими вимірювальними системами, аналізувати дані програмними засобами, співпрацювати віддалено.

У дистанційному форматі склалося кілька основних підходів до організації фізичних експериментів [2]. Кожен із них має свою специфіку та відмінності від традиційних лабораторій.

Віртуальні лабораторії (симуляції) – це повністю комп’ютерні моделі експериментів [4]. Усі прилади та процеси імітовані програмно на основі фізичних законів або математичних моделей. Особливість віртуальних експериментів у тому, що результати визначені моделлю – вони повторювані і обчислені за наперед заданими рівняннями, тому менш непередбачувані ніж у реальності.

Віддалені (дистанційні) лабораторії – реальні фізичні установки, розташовані в університеті чи науковому центрі, якими можна керувати через інтернет [3]. Студент, працюючи за комп’ютером, надсилає команди реальному обладнанню (вмикає прилади, змінює режими, збирає дані), а натомість отримує живі покази та зображення через веб-інтерфейс. Зазвичай така установка обладнана мікроконтролером, що забезпечує інтернет-комунікацію, та веб-камерою для відеотрансляції процесу. Головна особливість – студент працює з реальним об’єктом, тому результати автентичні, з усіма реальними ефектами і похибками.

Гібридні системи – поєднання елементів віртуальної та віддаленої лабораторії. Існують різні підходи до гібридизації. Один варіант – коли реальний експеримент доповнений віртуальною складовою: скажімо, студент керує фізичною установкою, але паралельно бачить на екрані віртуальні вимірювальні прилади, 3D-візуалізацію процесів або модель для прогнозування очікуваного

результату. Інший варіант – дублювання експерименту в двох формах: спочатку симуляція для набуття базових навичок, а потім переходимо до ідентичного за сценарієм реального експерименту віддалено. Такий підхід дозволяє і відпрацювати техніку у безпечному середовищі, і відчутти неповторність реальних вимірювань.

Віддалені демонстраційні експерименти (онлайн-трансляції) – формат, коли викладач або оператор проводить експеримент у лабораторії в реальному часі, а студенти спостерігають через відеозв'язок. Студенти можуть впливати на хід досліду, задаючи параметри через чат або месенджер, а викладач виконував їхні запити. Такий підхід менш інтерактивний, ніж віртуальні чи віддалені лабораторії, але потребує мінімуму технічних ресурсів і може бути реалізований швидко.

Для реалізації віддалених та віртуальних лабораторій застосовується цілий спектр цифрових технологій – як програмних, так і апаратних. Їх можна класифікувати за типом лабораторії:

1. **Інструменти для віртуальних симуляцій.** Це програмне забезпечення, що моделює фізичні процеси. В цю категорію входять як прості симулятори, так і цілі платформи віртуальних лабораторій. Наприклад, PhET, Open Source Physics, Labster, PraxiLabs, проект Virtual Labs, комп'ютерні моделюючі системи Multisim, COMSOL Multiphysics, MATLAB/Simulink, тощо. Ключовими ознаками віртуальних симуляторів є інтерактивна візуалізація, негайний відгук на дії студента, можливість перевищувати реальні межі, а також вбудовані підказки і контроль. Важливо і те, що симуляції зазвичай кросплатформенні – працюють у браузері або на будь-якому комп'ютері без спеціального обладнання.

2. **Інструменти для віддалених лабораторій.** Тут потрібне як апаратне, так і програмне забезпечення для віддаленого доступу. Загальна схема полягає в наступному: реальний експериментальний стенд оснащується контролером, підключеним до інтернету, й одним або кількома датчиками та камерами. На сервері працює програма, що приймає запити від користувача, керує контролером, збирає з нього дані і передає користувачу інтерфейс зі трансляцією даних та відео. Для реалізації використовуються апаратні засоби на базі мікроконтролерів та мікрокомп'ютерів (Arduino, Raspberry Pi, ESP32), пристрої збору даних, лабораторні прилади з інтерфейсом (осцилографи, мультиметри, генератори сигналів). Серед програмних засобів можна виділити платформи керування віддаленими лабораторіями (наприклад, MIT iLab Shared Architecture, WebLab-Deusto), спеціалізовані вебпортали (LabsLand, Go-Lab), програмне забезпечення візуалізації та інтерфейсу (JavaScript, HTML5).

3. **Інструменти для гібридних та змішаних лабораторій.** Сюди можна віднести засоби, що об'єднують реальні і віртуальні компоненти. До них відносяться системи доповненої реальності (AR) для лабораторій, лабораторні

комплекти для дому (студенту надсилають набір справжніх приладів, але керівництво експериментами і збір даних здійснюється через цифрову платформу), симулятори з реальними даними (симуляція доповнюється даними з реального світу).

При виборі між різними типами цифрових лабораторій важливо враховувати низку критеріїв [1]. Порівняємо віртуальні симуляції, віддалені реальні лабораторії та гібридні підходи за кількома суттєвими критеріями, які подані у таблиці 1.

Таблиця 1.

Порівняння цифрових технологій фізичних лабораторій

Критерій	Віртуальні лабораторії	Віддалені лабораторії	Гібридні системи
<i>Автентичність результатів</i>	Невисока	Висока	Висока
<i>Ефективність для навчання</i>	Дуже добра для засвоєння концепцій, візуалізації та відпрацювання алгоритмів експерименту	Дають досвід, найближчий до роботи в лабораторії	Поєднують навчальні переваги обох підходів, але вимагають добре продуманої інтеграції
<i>Вартість розробки та впровадження</i>	Висока початкова вартість розробки якісної симуляції, але практично безкоштовне масштабування	Значні вкладення в обладнання та його підтримку	Найдорожчі, оскільки потрібно інвестувати і в реальне обладнання, і в розробку інтерфейсної частини
<i>Складність розробки/реалізації</i>	Не потребують фізичної інфраструктури, але вимагають серйозної роботи зі сторони розробників ПЗ	Технічно складно: потрібно спроектувати стійку апаратну систему, забезпечити її безперебійний онлайн-доступ, кібербезпеку	Дуже висока складність через потребу синхронізації двох систем (реальної і віртуальної)
<i>Доступність для студента</i>	Максимальна: потрібен лише комп'ютер з браузером	Обмежена: зазвичай потрібен час бронювання, інтернет зі швидким доступом для відеотрансляцій	Залежить від конфігурації. Якщо потрібен власний комплект, то доступ ускладнюється
<i>Масштабованість</i>	Дуже добра	Обмежена: для масового використання потрібно або створювати багато копій установки, або впроваджувати чіткий розклад для доступу до обладнання	Залежно від поєднання: симуляційна частина може масштабуватися добре, реальна – ні.

<i>Підтримка та оновлення</i>	Потребує оновлення програмного забезпечення	Потребує технічного обслуговування обладнання	Вимагає обидва види підтримки
-------------------------------	---	---	-------------------------------

Багато університетів та освітніх організацій уже інтегрували віртуальні та віддалені експерименти у свої програми. Це такі відомі університети як Массачусетський технологічний інститут (проект iLab), OpenScience Lab (віддалений телескоп PIRATE, віртуальний мікроскоп), Технічний університет Берліну (Remote Lab Farm – набір приладів з фізики твердого тіла, доступних онлайн), університети Іспанії (UNED, Deusto, де використовуються дистанційні лабораторії для електроніки та фізики), тощо. Дистанційні фізичні експерименти стали невід’ємною частиною сучасної вищої освіти. Вони пройшли шлях від поодиноких інженерних задумок до масштабних міжнародних платформ і мереж співробітництва. Як показують приклади та дослідження, при правильному застосуванні цифрові лабораторії збагачують навчальний досвід, роблять його більш гнучким, доступним і різноманітним, не поступаючись у якості традиційному навчанню.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. James R. Brinson Learning outcome achievement in non-traditional (virtual and remote) versus traditional (hands-on) laboratories: A review of the empirical research. Computers & Education, Volume 87, September 2015, Pages 218-237.
2. Timothy D. Drysdale, Simon Kelley, Anne-Marie Scott, Victoria Dishon, Andrew Weightman, Richard James Lewis & Stephen Watts (2020) Opinion piece: non-traditional practical work for traditional campuses. Higher Education Pedagogies, 5:1, 210-222, DOI: 10.1080/23752696.2020.1816845.
3. Ляшенко Ю.О., Дідук В.А. та ін. Розробка та методика застосування автоматизованого апаратно-програмного комплексу для проведення лабораторних робіт з фізики. Вісник Черкаського університету. 2016. № 17. С. 102-109.
4. Юрченко А.О., Хворостіна Ю.В. Віртуальна лабораторія як складова сучасного експерименту. Науковий вісник Ужгородського університету. серія: «Педагогіка. Соціальна робота». 2016, № 2 (39). С. 281-283.