

5. Збережіть залишки: Ні в якому разі не викидайте недоїдені гриби чи очистки! Передайте їх лікарям — лабораторний аналіз допоможе швидко визначити тип токсину і підібрати правильну протиотруту (антидот).

— Дякуємо тобі, Грибознавцю! — в один голос сказали Макс та Оля. Лісовичок посміхнувся і зник серед дерев, залишивши дітям порожній кошик, але повні голови життєво важливих знань.

Питання для обговорення з учнями:

1. Чому Макс ледь не припустився фатальної помилки, побачивши жовчний гриб? Які морфологічні ознаки допомогли б йому відрізнити його від білого?

2. Уявіть, що ви знайшли ідеальний підберезник, але він росте за 2 метри від жвавої автомагістралі. Ваші дії? Обґрунтуйте з точки зору фізіології грибів.

3. Чому під час надання першої допомоги при отруєнні грибами важливо зберегти залишки страви?

Порівняльний аналіз ІІІ-інструментів показав, що універсальні моделі типу Gemini мають значні переваги над спрощеними сервісами на кшталт JustDone завдяки здатності створювати складні дидактичні системи, інтегрувати наукову інформацію, структурувати матеріал за етапами уроку та розробляти готові інструменти. Це дозволяє вчителю біології суттєво скоротити час на підготовку до занять, отримуючи високоякісний навчальний контент.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Балан П. Г., Кулініч О. М., Юрченко Л. П. Біологія. 7–9 класи: модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Міністерство освіти і науки України, 2023. <https://surl.li/jrdndb>
2. М'ялковська І. І., Міщук Н. Й. *Проблема сторітелінгу в теорії та практиці навчання природничих дисциплін середньої загальноосвітньої школи*. Шлях у науку: перші кроки: матеріали ІІ Всеукраїнської конференції. (06 квітня 2023 р., м. Тернопіль). Тернопіль: ФОП Осадца Ю. В., 2023. С. 105-107. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/29849>.

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

Важливою компонентою навчального процесу при вивченні курсу фізики як у закладах середньої загальної освіти, так і закладах вищої освіти є фізичний експеримент. Його складовими є фізичні демонстрації, лабораторні роботи, домашні експерименти тощо. Під час проведення фізичного експерименту учні чи студенти з метою перевірки законів фізики на практиці проводять досліди,

здійснюють вимірювання та спостереження, вчаться працювати з приладами, здійснювати обробку результатів та оцінку похибок.

Окрім очної форми проведення експерименту широко використовується дистанційна форма, яка має ряд переваг, проте не заміняє безпосередньої роботи з обладнанням. На даний час існує велика кількість цифрових засобів, починаючи від допоміжного програмного забезпечення і закінчуючи спеціалізованими цифровими лабораторіями, які дозволяють значно спростити проведення дистанційного експерименту. Метою дослідження є порівняння цих цифрових засобів згідно з запропонованими критеріями.

Визначимо спочатку, як ми будемо класифікувати цифрові засоби дистанційного експерименту. Себастьян Дормідо для характеристики різних модальностей усіх доступних експериментальних середовищ запропонував використовувати два критерії: залежно від способу доступу до обладнання – на локальні та віддалені та залежно від фізичної природи – на симуляції й реальні досліди [2]. Враховуючи сучасний розвиток технологій доповнимо їх ще наступними критеріями для цифрових інструментів:

- залежно від типу використовуваного обладнання: з використанням спеціалізованого обладнання (лабораторні установки, вимірювальні прилади) та з використанням універсального обладнання (мобільні телефони, Arduino);
- залежно від застосування програмного забезпечення експериментатором: без додаткового програмного забезпечення, використання для обробки та аналізу результатів експерименту, безпосереднє використання для створення моделей чи симуляцій.

Відповідно до запропонованих критеріїв цифрові засоби для дистанційного фізичного експерименту поділимо на кілька принципово різних категорій:

- онлайн симуляції та демонстрації;
- дистанційні лабораторні роботи та цифрові двійники;
- середовища віртуальної та доповненої реальності;
- спеціалізоване програмне забезпечення;
- мобільні додатки;
- платформи для аналізу та оформлення даних.

Слід зауважити, що певне програмне забезпечення використовується у кожній із запропонованих категорій, проте ми враховуємо його застосування саме експериментатором, а не розробником.

Найбільш популярними серед користувачів є онлайн симуляції та демонстрації (PhET, Walter Fendt, Algodoo тощо) завдяки своїй доступності, інтерактивності, наочності. Вони не потребують витрат коштів на обладнання та мають нульовий ризик для здоров'я. Але здебільшого вони не вчать працювати з

реальним обладнанням, а ідеальність результатів не дає можливість оцінити похибки.

Альтернативними інструментами є дистанційні лабораторні, доповнена та віртуальна реальність. Кожна з них категорій усуває слабкі місця онлайн симуляцій. При проведенні дистанційних лабораторних робіт (MIT iLab Network, LabsLand, Go-Lab Remote Labs та інші) експериментатор керує реальним фізичним обладнанням і отримує справжні дані без спрощення та ідеалізації.

Доповнена реальність накладає за допомогою камери чи смартфона віртуальні об'єкти, з якими можна взаємодіяти, на реальний світ. Дослідження показують, що в учнів підвищується мотивація та просторове розуміння фізичних явищ порівняно з традиційними симуляторами [3].

Решта цифрових засобів можна схарактеризувати в загальному як допоміжні. Найпростіше їх застосування – це обробка та інтерпретація результатів дослідження (Tracker, GeoGebra, Vernier Graphical Analysis). Також використовується спеціалізоване програмне забезпечення для складних вимірювальних систем чи моделювання (LabVIEW, Mathematica, Multisim, Proteus) та простіші системи, наприклад, віртуальні лабораторії з схемотехніки (Circuitlab, Dcaclab, Falstad).

Наявність сенсорів фізичних величин у смартфонах дає можливість використовувати їх для демонстрації окремих фізичних явищ та для проведення дослідів без обладнання. Phyphox – це безплатний додаток для смартфона, який перетворює телефон у мобільну фізичну лабораторію [1]

Зведені результати порівняння наведено у таблиці 1.

Таблиця 1.

Критерій	Онлайн-симуляції та демонстрації	Дистанційні лабораторні роботи та цифрові двійники	Віртуальна та доповнена реальність	Спеціалізоване ПЗ	Мобільні додатки	Платформи для аналізу та оформлення даних
Робота з реальним обладнанням	Ні	Так	Імітація 3D-обладнання	Моделювання; інтеграція з реальним обладнанням	Так	Опосередковані – обробляються реальні дані
Швидкість інтернету	Низька	Висока і стабільна швидкість	Середня / висока	Низька	Низька або не потрібен	Низька
Доступність	Дуже висока	Реєстрація, черги, обмежені слоти, часові зони	Потрібен смартфон / окуляри VR	Висока вартість, складне освоєння	Є практично у кожного	Висока
Точність результатів	Середня	Висока	Середня	Висока	Висока	–

Розвиток навичок	Концептуальне розуміння, якісний аналіз	Робота з реальним обладнанням, обробка похибок, наукова методологія	Просторове мислення, мотивація, ознайомлення	Моделювання, програмування, інженерний підхід	Експеримент «своїми руками», креативність, IoT	Обробка даних, статистика, графіки, наукове оформлення
Вартість	Безкоштовно; низька вартість	Безкоштовно (обмежений перелік); підписка (похвилинна)	Безкоштовно; платна підписка; додаткове обладнання	Висока (спеціалізоване ПЗ); є безкоштовні аналоги	Безкоштовно	Безкоштовно
Вікова категорія	Гімназія, ліцей, ЗВО	Ліцей, ЗВО	Гімназія, ЗВО (як тренажери)	Старші курси ЗВО	Гімназія, ліцей	Ліцей, ЗВО
Типове застосування	Демонстрація закономірностей, фронтальна робота, домашні завдання, дослідження	Реальні лабораторні роботи, доступ до унікального обладнання	Імерсивні екскурсії, тренажери, 3D-візуалізація	Науково-дослідні задачі, курсові, магістерські роботи, моделювання складних систем	Безпосередні вимірювання, домашні експерименти, проекти, BYOD-підхід у класі	Опрацювання результатів будь-якого експерименту, побудова графіків, апроксимація, звіти

Порівнюючи цифрові засоби, які використовуються при проведенні дистанційного фізичного експерименту, можна констатувати, що не існує універсального, який би можна було застосовувати у всіх задачах. Вони утворюють багаторівневу систему, у якій різні інструменти доповнюють, а не замінюють один одного та розв'язують свою дидактичну задачу. Найкращим варіантом є їх поєднання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dorsel D., Hütz S., Staacks S., Heinke H., Stampfer C. Phyphox – teaching physics with smartphone experiments. Materials of the 10th International Conference on Physics Teaching in Engineering Education (PTEE 2019). The Hague, 2019. URL: https://sefiphysics.be/mirror_PTEE2019/proceedings/PTEE_2019_article-O4.pdf.
2. Heradio R., de la Torre L., Galan D., Cabrerizo F.J., Herrera-Viedma E., Dormido S. Virtual and Remote Labs in Education: a Bibliometric Analysis. Computers & Education. 2016. Vol. 98, pp. 14–38. DOI: 10.1016/j.compedu.2016.03.010.
3. Slobodanyk O. Augmented reality in physics lessons: experience using physics lab ar in blended learning. Physical and Mathematical Education. 2025. Vol. 40, No. 5. P. 61–67. DOI: 10.31110/fmo2025.v40i5-08.