

Розробка та впровадження віртуальної лабораторії для навчання електромагнетичі в техніці

Нерейда Кастро-Гутьєррес¹, Ісус Флорес-Крус², Фермін Акоста-Магальянес²

¹Universidad Veracruzana, Ixtaczoquitlán, Veracruz, México

²Національний політехнічний інститут, Сьюдад де Мехіко, Мексика.

Електромагнетизм – це дисципліна фізики, яка представляє особливі труднощі для вивчення [4], оскільки вимагає розуміння абстрактних явищ, які важко сприйняти

CISETC 2021: Міжнародний конгрес з освіти та технологій у науках, 16-18 листопада 2021 р., Чиклайо, Перу ЕЛЕКТРОННА ПОШТА: nercastro@uv.mx (Н. Кастро-Гутьєррес); jaflores@ipn.mx (JA Flores-Cruz); facostam@ipn.mx (F. Acosta-Magallanes) ORCID: 0000-0002-3941-795X (N.Castro-Gutiérrez); 0000-0001-7816-4134 (JAFlores-Cruz); 0000-0003-1471-5376 (Ф. Акоста-Магальянес)



© 2020 Авторські права на цей документ належать його авторам.

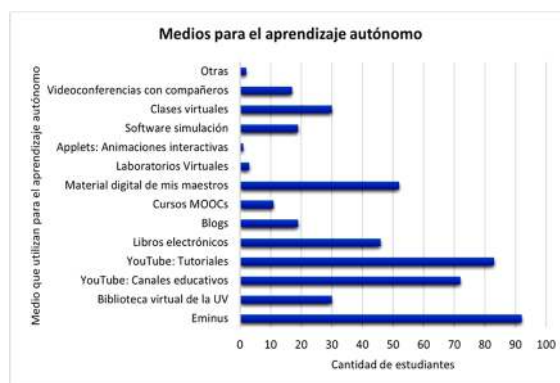
Використання дозволено за ліцензією Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Матеріали семінару CEUR (CEUR-WS.org)

в класі або в лабораторії. Такі поняття, як електрична сила, електричне поле та електромагнітне поле, вимагають діаграм і концептуального моделювання в процесі викладання та навчання, які зазвичай представлені у вигляді двовимірних діаграм, малюнків на дошці або показаних у підручниках. Існує декілька графічних альтернатив для навчання цим поняттям [5]. Проте інструменти, де представлені інтерактивні графічні симуляції, дозволяють більш ефективно показати [6] взаємодію електричних зарядів і дію електромагнітних полів, що також цікаво для студентів і надзвичайно корисно для викладачів. Однак більшість існуючих інтерактивних програм не мають таких опцій, як орієнтування на місці, щоб учні могли визначити корисність інструментів [7] [8]. Існуючі віртуальні програми або анімації представляють лише інтерактивне середовище, яке здебільшого не включає аналіз до та після практики. Керівництво в інструменті є корисним для студентів, щоб отримати змістовне навчання, керуючи процесом метапізнання, який заохочує спостереження, аналіз і створення власних висновків. У цьому дослідженні підхід до ситуаційного навчання застосовано як дидактична пропозиція з використанням віртуальних лабораторій у навчальному процесі викладання основних понять електромагнетизму, зосередженого на студентах інженерних факультетів Університету Веракрузана (UV) у Мексиці. Керівництво в інструменті є корисним для студентів, щоб отримати змістовне навчання, керуючи процесом метапізнання, який заохочує спостереження, аналіз і створення власних висновків. У цьому дослідженні підхід до ситуаційного навчання застосовано як дидактична пропозиція з використанням віртуальних лабораторій у навчальному процесі викладання основних концепцій електромагнетизму, зосередженого на студентах інженерних факультетів Університету Веракрузана (UV) у Мексиці. Керівництво в інструменті є корисним для студентів, щоб отримати змістовне навчання, керуючи процесом метапізнання, який заохочує спостереження, аналіз і створення власних висновків. У цьому дослідженні підхід до ситуаційного навчання застосовано як дидактична пропозиція з використанням віртуальних лабораторій у навчальному процесі викладання основних понять електромагнетизму, зосередженого на студентах інженерних факультетів Університету Веракрузана (UV) у Мексиці.

2. Кейс-стаді

Це дослідження було проведено в регіоні Орізаба-Кордова, на інженерному факультеті кампусу Ікстазокітлан (FICI) УФ. Однією з лабораторій основного напрямку підготовки є лабораторія фізики, яка навчається за чотирма освітніми програмами: мехатроніка, цивільна інженерія, промислова інженерія та електромеханічна інженерія FICI. Хоча є достатні місця для експериментування з основними концепціями електромагнетизму, є кілька додаткових труднощів, які виявляються під час виконання лабораторних практик. Щоб визначити сприйняття студентами FICI практик у презентаційних лабораторіях, а згодом мати елементи для порівняння їх із віртуальними лабораторіями, було проведено попереднє діагностичне опитування (PDS). PDS було виконано за допомогою цифрових засобів через Інтернет-форми, які надавалися через інституційні облікові записи 104 студентів FICI, протягом академічного періоду з лютого по липень 2020 року. Це опитування проаналізувало різні показники, щоб визначити передумови та характеристики, необхідні для розробки віртуальної лабораторії за підходом ситуаційного навчання; які б відвідували основні питання студентської спільноти, які були посилені через надзвичайні обставини через пандемію COVID-19, відповідно до того, що встановлено [9]. У діагностичному дослідженні PDS було проведено серію опитувальників з урахуванням відкритих запитань, шкал Лайкерта та дихотомічних відповідей для визначення кількісних і якісних показників, таких як: час, проведений в Інтернеті, спосіб доступу до Інтернету, пристрої, які вони використовують для підключення до Інтернету (ПК, мобільний телефон, планшет), тижневі години, присвячені навчанню; цифрові медіа або освітні інструменти, які студенти використовують для автономного навчання, перевага в модальності навчання, знання та використання віртуальної лабораторії. А також характеристики, яким віддають перевагу студенти під час віртуальної навчальної сесії, обмеження у виконанні практик у презентаційних лабораторіях, наявність часу для виконання лабораторних практик, доступ до спеціалізованого лабораторного обладнання, пропозиції щодо стратегій навчання, що беруть участь у лабораторних практиках.



Фігура 1. Джерело: діагностичне опитування EPD, через форму методів незалежного навчання, застосованих до студентів FICI Університету Веракрузани в травні 2020 року.

Було виявлено, що в FICI 88,46% опитаних студентів використовують Eminus: інституційну платформу, за допомогою якої вони отримують доступ до змісту освітнього досвіду. Що стосується відкритих платформ, доступних в Інтернеті, 79,81% використовують You Tube для навчання, але лише 69,23% роблять це через освітні канали. Хоча більшість студентів використовують відкриті цифрові медіа для самостійного процесу навчання, 50% студентів також використовують цифровий контент, створений їхніми власними вчителями. Тому передбачається, що учні також потребують керівництва вчителів у процесі навчання.

2.1. Недостатність віртуальних лабораторій в інженерії

Проведене PDS показує чіткі докази того, що ця технологія все ще невідома студентам FICI, оскільки лише 2,88% згадали про використання віртуальних лабораторій для автономного навчання. 34% студентів зазначили, що вони знають, що таке віртуальні лабораторії, але також зазначили, що не мали можливості скористатися жодною з них. Серед опитаних студентів 65% зазначили, що не знають, що таке віртуальна лабораторія.

3. Розробка віртуальної лабораторії електромагнетизму

Після отримання результатів діагностичного обстеження було визначено характеристики, які має включати віртуальна лабораторія електромагнетизму, як описано в наступних параграфах.

3.1. Характеристики на основі підходу ситуаційного навчання

Відповідно до ситуаційного підходу до навчання перевагу надають дидактичній діяльності, орієнтованій на студента [10] і зосередженій на метакогнітивному процесі, до розвитку якого студент має заохочуватися за допомогою адекватного наставництва в навчальному процесі [11]. Зрозуміло, що дослідження PDS було дуже важливим, оскільки воно дозволило розробити нові дидактичні стратегії, які передбачали такі аспекти:

Особисто орієнтована діяльність. Потрібні спеціальні дидактичні інструменти, які можна використовувати самостійно та дистанційно, де студенти повинні мати можливість розвивати свій автономний процес навчання без обмежень у просторі та часі.

Нові навчальні середовища із залученням конкретних віртуальних лабораторій. Віртуальні лабораторії є альтернативою за обставин з обмеженою освітньою інфраструктурою або у випадку цього дослідження, непередбаченої ситуації COVID-19, яка сталася у 2020 році. Віртуальні лабораторії є альтернативою за обставин з обмеженою освітньою інфраструктурою або у випадку цього дослідження, COVID -19 надзвичайних ситуацій, що сталися минулого року. Незважаючи на те, що вже існує тенденція до появи цих спеціалізованих технологічних інструментів у товарній формі [12], все ще існують інституційні обмеження для придбання цих віртуальних інструментів через ліцензійні чи фінансові проблеми та/або той факт, що для більшості не пропонуються спеціальні віртуальні лабораторії. інженерних районів. В додаток,

Ефективне використання технологій, що застосовуються до знань (ТАК). Використання ТАК було б більш ефективним, якби вони були розроблені засобами дидактично розробленого навчального забезпечення [16]. У зв'язку з цим дуже важливо, щоб викладачі, інституції та колегіальні академічні організації працювали разом над розробкою дидактичних стратегій, у яких навчальний дизайн зосереджений на ситуаційному навчанні [17].

Самостійне навчання засобами аналізу. Відповідно до цього підходу, навчання у віртуальних освітніх середовищах має заохочувати та підтримувати здатність студентів встановлювати стосунки та інтерпретувати отримані результати навчання з їх застосуванням у професійних сценаріях [18].

3.2. Дизайн віртуального навчального середовища

Дизайн EVL було розроблено з використанням анімаційного програмного забезпечення Unity®, яке є мультиплатформенним двигуном відеоігор, створеним Unity Technologies. Це програмне забезпечення використовувалося для розробки інтерактивних віртуальних середовищ, до яких можна додавати аватари для навігації у віртуальному середовищі в простій і практичній формі. Unity® має можливість експортувати деякі раніше розроблені елементи, щоб адаптація до спеціального середовища була доступною для власної модифікації. Безкоштовна версія була використана для розробки середовища, яке імітує кампус університету, де проживає EVL. Платформа розробки підтримує компіляцію з різними типами платформ і забезпечує можливість створення переносних файлів для встановлення LVE на настільному комп'ютері або мобільному пристрої. Безкоштовна версія була використана, щоб дозволити всім студентам завантажити та встановити LVE на своїх комп'ютерах. Початкова сцена (рис. 2) показує аватар, який може переміщатися віртуальним кампусом до різних розділів за допомогою елементів керування на клавіатурі.



малюнок 2. Сцена відкриття віртуальної лабораторії електромагнетизму

3.3. Керована інтерактивність

Вважалося надзвичайно важливим відобразити модуль під назвою «Галерея вчених-попередників електромагнетизму» (рис. 3.а), щоб заохочувати інтерес студентів до наукових досягнень, які були зроблені протягом історії фізики [19]. Отже, студент може краще усвідомлювати внесок, який внесли різні вчені у застосування електромагнетизму в техніці.



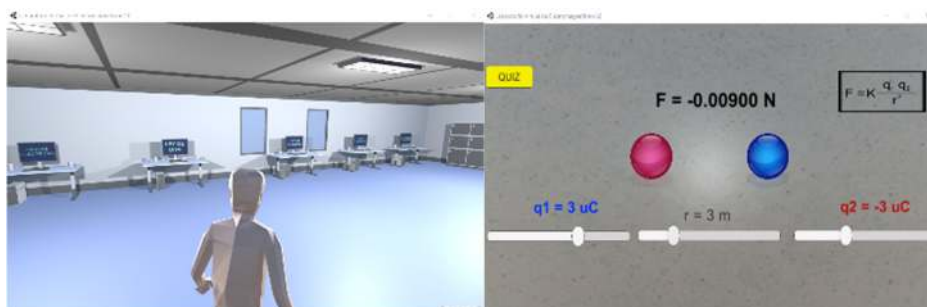
Малюнок 3. а) Галерея вчених. б) Плакати, пов'язані із застосуванням електромагнетизму в техніці у віртуальній лабораторії електромагнетизму.

Згодом представлено серію плакатів (рис. 3.б), які демонструють деякі застосування електромагнетизму в техніці. Ситуаційне навчання згадується ще раз, оскільки дії, розроблені в EVL, не представлені окремо, а скоріше пов'язані з інженерною діяльністю, щоб

сприяти більш змістовному навчанню. Галерея видатних вчених — це ворота у віртуальну лабораторію, де розміщені змодельовані експерименти.

3.4. Лабораторні інтерактивні практики

EVL дозволяє користувачеві переміщатися по аватару, щоб отримати доступ до п'яти різних практик, які представляють інтерактивні вправи з фундаментальних тем електромагнетизму, таких як: електрична сила, закон Ома, закон Кулона, закон Фарадея, застосування електрорушійної сили. Для цього користувач матиме доступ до інтерактивних вікон із дидактичною методологією, яка включає шість етапів (рис. 4): 1. Ласкаво просимо, 2- Мета практики та пов'язані теми, 3- Практичні вказівки та запитання для обговорення, 4- Інтерактивна практика, 5 - Анкети для подальшого аналізу, 6- Оцінка та пропозиції додаткових тем.



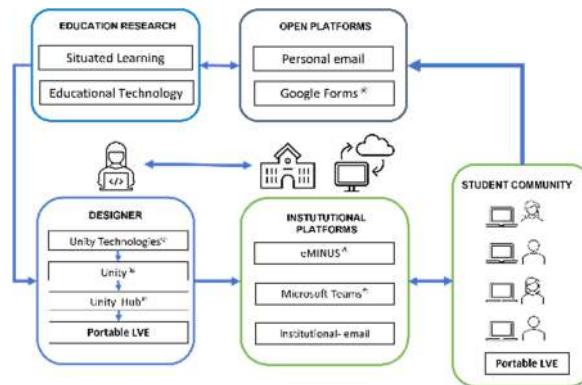
малюнок 4.Приклад середовища лабораторної практики в EVL FICU Університету Веракрус.

У EVL тригерні запитання були представлені перед практичним експериментом, щоб стимулювати аналітичне спостереження ефектів взаємодіючих концептуальних елементів, які студент відчує під час практики EVL. Під час інтерактивних вправ учень може змінювати величини та електричні заряди, щоб проаналізувати вплив цих варіацій на фундаментальні закони електромагнетизму. Після виконання кожної практики пропонується вікторина, у якій задаються аналізуючі запитання щодо досліджених концепцій і призначається оцінка, щоб дати студенту змогу зрозуміти, чи потрібно знову виконувати експеримент, щоб підтвердити теоретичні концепції.

4. Впровадження та оцінка EVL

Стратегія навчального втручання передбачала використання Віртуальної лабораторії електромагнетизму (EVL) групою студентів з різних інженерних програм інженерного факультету Університету Веракрус, в регіоні Орїзаба – Кордова, під час періоду пандемії через SARS. -Cov2 в навчальному періоді серпень - грудень 2020 року.

Контингент студентів був обраний з урахуванням тих студентів, які вивчали курси, пов'язані з електромагнетизмом та його застосуванням. Таким чином, EVL було спільно з групою з 95 студентів, яка включала 80 студентів (82,4%) і 15 студенток (15,8%). Застосування віртуальної лабораторії електромагнетизму було створено після попереднього періоду, коли аналізувалися основні концепції електромагнетизму. Тому EVL використовувався як додаткова дидактична стратегія для закріплення раніше вивчених понять. Враховуючи потребу в дидактичній стратегії, яку можна було б використовувати відкрито, без обмежень і на відстані через непередбачувані ситуації зі здоров'ям, були використані інституційні комунікаційні платформи. Інститутська пошта, платформи Eminus та Microsoft Teams були використані для надання рекомендацій щодо встановлення та застосування дидактичного засобу. Кожен студент скористався безкоштовною портативною версією EVL та встановив її на персональний комп'ютер. Рисунок 5 ілюструє схему технологічних елементів, які використовуються в освітньому втручанні.



малюнок 5.Архітектура технологічних елементів, задіяних у реалізації LVE.

5. Аналіз результатів

Було розроблено як кількісний, так і якісний аналіз для вимірювання ефективності дидактичної пропозиції, реалізованої через віртуальну лабораторію електромагнетизму, з метою оцінки кількох факторів, таких як продуктивність у досягненні фундаментальних понять електромагнетизму, сприйняття студентами нового дидактичних стратегій, що включають віртуальні лабораторії, і мотивація використовувати подібні інструменти до EVL у майбутньому. Вибірка з 95 студентів інженерних спеціальностей, які використовували LVE, була опитана за допомогою інституційних засобів зв'язку з причин непередбачених обставин. Результати, отримані для кожного з пунктів, що підлягають оцінці, описані нижче.

Результативність навчання. Під час проведеного опитування результативність студентів контролювалася за допомогою тестів наприкінці кожної симуляції, щоб перевірити, чи закріпилося вивчення понять електромагнетизму. Під час проведеного опитування результативність студентів контролювалася за допомогою тестів наприкінці кожної симуляції, щоб перевірити, чи закріпилося вивчення понять електромагнетизму. Було проаналізовано кілька факторів: рівень складності вікторин, спроби дати відповіді, задіяна концепція електромагнетизму, режим симуляції, пов'язаний із запитанням вікторини, вплив напрямків симуляції та сприйняття віртуального середовища. Результати студентів у кожному змодельованому експерименті аналізувалися на основі згаданих аспектів. Таблиця 1 підсумовує продуктивність студентів у кожній практиці,

Таблиця 1

Виступ осларерезультати оцінки після аплік іон EVL.

Імітаційна вправа на ЕВЛ	Відсоток студентів, які правильно відповіли на всі питання
1. Електрична сила	81,1%
2. Закон Ома	52,6%
3. Закон Кулона	85%
4. Закон Фарадея	83,2%
5. аплікації фем	97%

Помічено, що практики, які представляють більшу кількість інтерактивних елементів, як у практиці 5, забезпечують кращі результати продуктивності. З іншого боку, було виявлено кілька труднощів під час оцінювання ефективності практики 2; наприклад, більша невизначеність у графічному представленні експерименту, що призвело до більших труднощів для студентів у визначенні застосувань закону Ома.

Сприйняття учнями віртуального середовища. У цьому дослідженні було дуже важливо визначити думку студентів щодо досвіду використання LVE, тому було запропоновано кілька запитань за шкалою Лайкерта.

запитав, маючи на увазі використання аватара, інтерактивну модальність у практиках, дизайн віртуального середовища, обговорення після практики, а також інформацію про наукових попередників електромагнетизму. Результати показують, що EVL мав загальне визнання в кожному з його розділів (табл. 2).

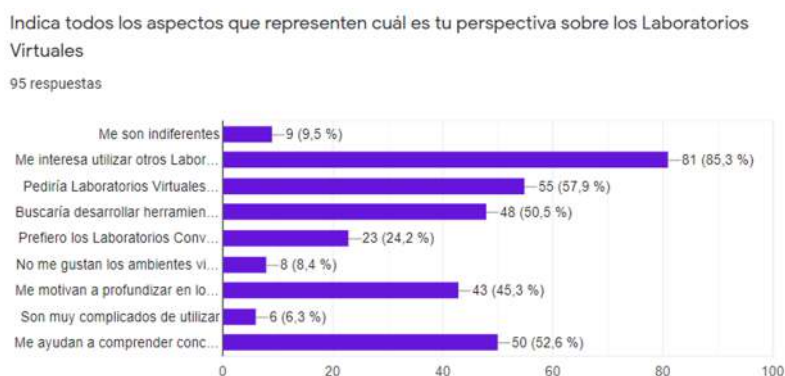
Таблиця 2

Уявлення учнів про т чвикористання EVL.

Імітаційна вправа на EVL	Мені дуже сподобалося	мені подобалося	Це не так дуже задоволений	Це було байдужий	я не люблю це
Управління аватаром	37%	40%	18%	4%	1%
Віртуальне середовище	40%	44%	13%	2%	1%
Інтерактивність на практиці	52%	37%	10%	1%	0%
Оцінювальні тести	48%	44%	5%	3%	0%
Інформація вченого	62%	30%	7%	1%	0%

Більшість студентів вважають досвід роботи з EVL задовільним. Однак вони також внесли пропозиції щодо покращення роботи аватарів, наприклад, оптимізації керування клавіатурою для пересування у віртуальній навігації кампусу.

Мотивація студентів до використання віртуальних лабораторій. Нарешті, студентів запитали, як вони сприймають використання віртуальних лабораторій як дидактичного інструменту, а також чи буде їм цікаво використовувати їх у майбутньому для навчання за допомогою подібних стратегій навчання. Результати є багатообіцяючими (рис. 6) у прикладі, де навіть деякі студенти-інженери повідомили, що вони були б зацікавлені в розробці проектів, які використовують такі види освітніх віртуальних середовищ.



Малюнок 6. Загальне уявлення опитаних студентів про їхній досвід використання Віртуальної лабораторії електромагнетики.

6. Майбутня робота

Деякі елементи віртуального середовища, які мають зони можливостей, були визначені за допомогою опитування про задоволеність, проведеного після застосування EVL. Одним із аспектів, який найчастіше пропонують студенти, є налаштування аватара відповідно до їхніх особистих уподобань, щоб зробити віртуальний освітній досвід приємнішим, а також можливість командної роботи у віртуальному середовищі. Також передбачається збільшити кількість практик і вправ із більшою взаємодією, пов'язаною з концепціями застосування електромагнетизму в техніці. Крім того, будуть розглянуті доступні ресурси в інших версіях Unity®.

7. Висновки

У цьому дослідженні зроблено висновок, що можна розробити та впровадити віртуальні лабораторії, спеціально призначені для галузей фізики, які застосовуються в інженерній освіті, з використанням безкоштовного програмного забезпечення, яке буде привабливим для студентів, вважаючи їх корисним освітнім інтерактивним інструментом. Важливо, щоб віртуальні освітні середовища були не лише візуально привабливими для студентів, але й були простором, де побудова знань полегшується шляхом зв'язку історичного контексту, теоретичних концепцій і застосувань електромагнетизму через експерименти відповідно до спеціально розробленої дидактичної стратегії.

Розробка віртуальних середовищ, присвячених галузі інженерії, включає в себе кілька проблем, щоб застосувати їх як загальний інструмент у кожній установі. Є деякі аспекти, які є цікавими темами дослідження, як-от рівень занурення у віртуальне середовище, участь студентів в інтерактивному середовищі, освітні стратегії для точного моделювання професійного інженерного середовища, як викладачі можуть розробляти віртуальні лабораторії, щоб студенти вирішували проблеми, властиві галузі техніки ефективним способом. Отже, слід розглянути відповідний процес навчального проектування дидактичних стратегій за допомогою імерсивних освітніх технологій, які передбачають мультидисциплінарну роботу в освітніх технологіях.

8. Література

[1] A. Dengel y J. Mägdefrau, «Immersive Learning Predicted: Presence, Prior Knowledge, and Шкільна успішність впливає на результати навчання в освітніх віртуальних середовищах із зануренням.», де 6-та Міжнародна конференція дослідницької мережі зануреного навчання (iLRN), 2020. DOI:10.23919/iLRN47897.2020.9155084.

[2] D. Liu, P. Valdiviezo-Díaz, G. Riofrio, YM Sun y R. Barba, «Integration of virtual labs into наукове електронне навчання», *Procedia Computer Science*, vol. 75, стор. 95-102, 2015. DOI:10.1016/j.procs.2015.12.224.

[3] Т. Лінч та І. Гергулеску, «Огляд віртуальних лабораторій як новітніх технологій навчання STEM предмети» *INTED2017 Proc.* 11-й міжн. технол. Навч. Dev. конф. С. 6-8, 2017. DOI: 10.21125/inted.2017.1422

[4] JA Agudelo, GA Méndez y AR Melo, «Dificultades en la relación enseñanza-aprendizaje» del electromagnetismo en cursos introductorios de nivel universitario: caso Universidad Católica de Colombia.,» *Encuentro de Ciencias Básicas*, 3, 31-41, 2019. <https://hdl.handle.net/10983/25223>

[5] К. Т. Батуйонг і В. В. Антоніо, «Дослідження ефекту PhET на основі інтерактивного моделювання діяльності щодо успішності студентів і досвіду навчання в області електромагнетизму.», *Азіатсько-Тихоокеанський журнал мультидисциплінарних досліджень*, вип. 6, № 2, С. 121-131, 2018.

[6] A. Понтес, «El uso de simulaciones interactivas para comprender el modelo de corriente» eléctrica.,» *Enseñanza de las Ciencias*, 35 (Nº Extra), 4371-4377, 2017.

[7] Р. Юнзал, Й. Ананіас і ін. ін., «Ефект симуляції фізичної освітньої технології (PhET): свідоцтво про продуктивність учнів.» вип. 4, № 3, С. 221-226, 2020.

[8] І. Махешварі та П. Махешварі, «Ефективність імерсивної віртуальної реальності в освіті STEM», 2020 р. DOI: 10.1109/ITT51279.2020.9320779

[9] AL Steele y C. Schramm, «Перспектива ситуованого навчання для онлайн-підходів до лабораторії та проектна робота,» *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEAA)*, 2021.

[10] JE Gómez Gómez y VL & MMA Hernández, «Arquitectura interactiva como soporte al aprendizaje situado en la enseñanza de la ingeniería,» *Revista Educación En Ingeniería*, том. 10, № 20, 2015. DOI: <https://doi.org/10.26507/rei.v10n20.575>

[11] I. Hevia-Arime y A. Fueyo-Gutiérrez, «Aprendizaje situado en el diseño de entornos virtuales de aprendizaje: una experiencia de aprendizaje entre pares en una comunidad de practica,» *Aula Abierta*, vol. 47, nº 3, стор. 347-354, 2018. <https://doi.org/10.17811/rifie.47.3.2018.347-354>

[12] Labster, «Labster», 25 серпня 2021 р. [En línea]. Доступно: <https://www.labster.com/research/>.

[13] JA Guzmán Luna, ID Torres y ML Bonilla, «Un caso practico de aplicación de una metodología para laboratorios virtuales.,» *Scientia et technica*, vol. 19, nº 1, pp. 67-76., 2014. Доступно на: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84930900011>.

[14] Баранов А.В. «Віртуальні студентські лабораторії в практикумі фізики Тех. Університет», де 13-та Міжнародна науково-технічна конференція з актуальних проблем електронного приладобудування (APEIE) IEEE, 2016. DOI: 10.1109/APEIE.2016.7802287

[15] К. Инфанте Хіменес, «Propuesta pedagógica para el uso de laboratorios virtuales como actividad complementaria en las asignaturas teórico-prácticas.» Revista Mexicana de Investigación Educativa, том. 19, № 62, С. 917-937, 2014.

[16] G. Gunawan, A. Harjono, H. Sahidu y L. Herayanti, «Віртуальна лабораторія для вдосконалення студентів навички вирішення проблем щодо концепції електрики», «Jurnal Pendidikan IPA Indonesia», том. 6, n° 2, стор. 257-264, 2017. DOI: 10.15294/jpii.v6i1.8750

[17] W. Aldana Segura y J. Arévalo Valdés, «Laboratorio de Innovación Pedagógica de Educación Virtual una estrategia para el desarrollo de experiencias significativas de aprendizaje en la adquisición de competencias en ambientes virtuales.,» 2018. DOI: 10.15294/jpii.v6i2.9481

[18] JZ Peña, «Contexto en la enseñanza de las ciencias: análisis al contexto en la enseñanza de la física.,» Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias, vol. 11, n° 2, стор. 193-211, 2016. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a3>

[19] MA Perea y LM Buteler, «El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de la física: una aplicación para el electromagnetismo.,» Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las ciencias, vol. 11, n° 1, стор. 12-25, 2016. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n1.a1>.