

УДК 004.5

Шабелюк О.В.

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

## РОЗРОБКА БІБЛІОТЕКИ ФІЗИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

**Шабелюк О.В. Розробка бібліотеки фізичного обладнання для побудови навчальної системи на основі доповненої реальності.** В даній роботі розглядаються існуючі підходи до реалізації систем мобільного навчання фізичним дисциплінам. Пропонується використання доповненої реальності, для реалізації інтерактивного виконання практичних робіт. Особлива увага приділяється створенню бібліотеки фізичного обладнання, що може використовуватись для візуалізації моделей реального фізичного обладнання та взаємодії між ними. Описаний процес взаємодії змодельованого обладнання на прикладі моделі лазера та моделі дифракційної ґратки. Проаналізовано переваги та недоліки такого підходу, можливості до застосування для моделювання інших фізичних експериментів.

**Ключові слова:** мобільне навчання, віртуальна лабораторія, доповнена реальність, дистанційна фізична освіта.

**Шабелюк А.В. Разработка библиотеки физического оборудования для реализации учебной системы на основе дополненной реальности.** В данной работе рассматриваются существующие подходы к реализации систем мобильного обучения физическим дисциплинам. Предлагается использование дополненной реальности для реализации интерактивного выполнения практических работ. Особенное внимание уделяется созданию библиотеки физического оборудования, что может использоваться для визуализации моделей реального физического оборудования и взаимодействия между ними. Описанный процесс взаимодействия смоделированного оборудования на примере модели лазера и модели дифракционной решетки. Проанализированы преимущества и недостатки такого подхода, возможности для использования и моделирования других физических экспериментов.

**Ключевые слова:** мобильное обучение, виртуальная лаборатория, дополненная реальность, дистанционное физическое образование.

**Shabeliuk O.V. Development of library of physical equipment for building educational system based on augmented reality.** This paper examines existing approaches to the implementation of mobile learning systems of physical disciplines. It is proposed to use augmented reality for the implementation of practical interactive work. Particular attention is paid to the library of physical equipment, that can be used to visualize models of actual physical hardware, and the interaction between them. Described the interaction of simulated equipment, on the example of laser and diffraction grating patterns. Analyzed advantages and disadvantages of this approach, the possibilities for use in the simulation of other physical experiments.

**Keywords:** m-learning, virtual laboratory, augmented reality, distance physics education.

**Постановка наукової проблеми.** Мобільне навчання є одним з найперспективніших напрямків дослідження в галузі дистанційної освіти, оскільки воно забезпечує можливість навчатись будь-де і у будь-який час. Актуальність даної тематики полягає в двох основних аспектах:

По перше: стрімкий розвиток технологій виробництва за останні роки забезпечує зниження ціни та покращення технічних характеристик смартфонів та планшетних комп'ютерів – основних пристроїв забезпечення процесу мобільного навчання, і, як наслідок, їхня кількість серед населення планети продовжує стрімко рости.

По друге: спостерігається розвиток інфраструктури покриття та швидкості доступу до мережі інтернет, що забезпечує можливість регулярного швидкого обміну даними між сервером системи мобільного навчання та клієнтами – мобільними пристроями.

Методологія класичного навчання студентів технічних спеціальностей побудована за принципом вивчення лекційного матеріалу, розв'язування прикладних задач на семінарських заняттях, а також практичного закріплення вивченого матеріалу під час лабораторних курсів.

На сьогоднішній день створено багато систем мобільного навчання фізичним дисциплінам, деякі із них описані в [1-7]. Вони побудовані на принципі надання доступу до текстової, графічної, анімаційної, аудіо та відео інформації для самостійного опрацювання, але цього вже не достатньо. Разом з покращенням технічних характеристик мобільних пристроїв, з'являються можливості для розробки сучасних, більш ресурсоємних систем навчання, зокрема для виконання інтерактивних практичних (лабораторних) робіт.

Найголовнішою проблемою залишається реалізація інтерактивного процесу виконання практичних робіт, які згідно із досліджень автора [8] є основою розуміння сутності інформації і її збереження в довгостроковій пам'яті.

**Аналіз досліджень.** На сьогоднішній день існують різні підходи до розв'язання проблеми інтерактивності навчального матеріалу, зокрема, в роботах [9-15], пропонується дистанційне

виконання лабораторних робіт на реальному обладнанні через веб інтерфейс. Перевагою такого методу є отримання реальних, а не змодельованих фізичних даних експерименту, але суттєвим недоліком таких систем є відсутність можливостей постійного доступу до лабораторного практикуму та одночасного виконання робіт декількома різними студентами. Зокрема вихід з ладу системи з будь-яких причин – унеможливило подальше виконання цієї роботи всіма студентами. Більшість систем такого типу працюють через веб інтерфейс, що дає можливість роботи з ними через мобільний пристрій, але така робота буде не зручна через відносно невеликий екран пристрою та високу деталізацію керуючого інтерфейсу системи.

В роботах [16,17] пропонується виконання віртуальних практичних робіт змодельованих на сервері, без використання реального обладнання. Такі системи потребують постійного інтернет зв'язку з сервером та не є достатньо інтерактивні, для відчуття роботи з реальними технічними пристроями.

В роботах [18,19,20] пропонується робота з навчальними системами, що дозволяють інтерактивно моделювати різні фізичні системи, але для цього використовуються різне додаткове обладнання, що йде в супереч концепції мобільного навчання.

В роботі [21] автори пропонують моделювати фізичні процеси у вигляді інтерактивної гри. Такий підхід до навчання є ефективним для закріплення і розуміння теоретичного курсу, але не дає змоги отримати практичні навички роботи з фізичним обладнанням.

Після аналізу наведених вище робіт, можна виділити основні особливості, які повинна мати інтерактивна система мобільного навчання для студентів технічних спеціальностей:

- Має моделювати реальне фізичне обладнання, працювати за реальними законами фізики;
- Має бути кроссплатформенна, для роботи з більшістю типів мобільних пристроїв;
- Процес виконання роботи та керування обладнанням має бути простим та зрозумілим для користувача.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.** Щоб побудувати інтерактивну систему, що задовольняє описані вимоги пропонується використання технології доповненої реальності.

Доповнена реальність – термін, який описує процес доповнення реальності будь-якими віртуальними об'єктами. При цьому робота з об'єктами може виконуватись в режимі реального часу, а для забезпечення цього процесу необхідна лише веб камера – саме зображення з якої буде доповнюватись віртуальними об'єктами (див. рис. 1 та рис. 2).

За словами дослідника Рональда Азуми [22] доповнену реальність можна визначити як систему, яка:

1. Поєднує віртуальне та реальне;
2. Взаємодіє в реальному часі;
3. Працює в 3D.



Рис. 1. Концепція доповненої реальності

На сьогоднішній день можна з легкістю назвати декілька поширених прикладів використання технології доповненої реальності. Зокрема телевізійний прогноз погоди, в якому відео потік ведучого накладається на комп'ютерне зображення мапи з погодою. Рахунок матчу, відстань від точки виконання штрафного удару чи лінія офсайду в футбольних телетрансляціях.

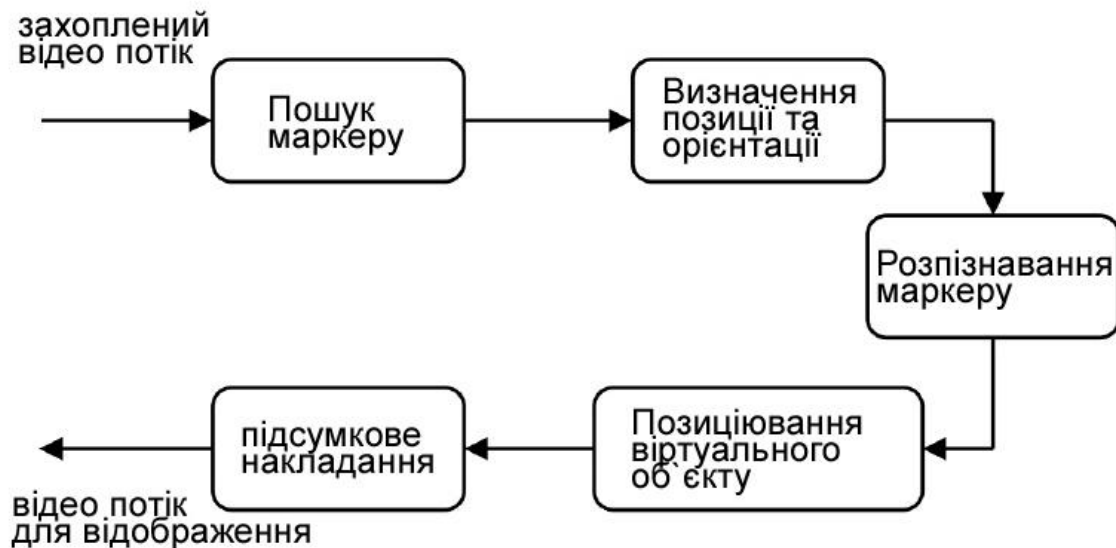


Рис. 2. Схема доповненої реальності

Використання доповненої реальності для створення інтерактивної мобільної навчальної системи дозволить візуалізувати та взаємодіяти із фізичним обладнанням максимально наближено до реального процесу виконання фізичного експерименту.

Для реалізації технології доповненої реальності в програмному прототипі мобільної системи дистанційного навчання фізичним дисциплінам було використано платформу Vuforia - платформа доповненої реальності яка використовує технології комп'ютерного зору для відслідковування плоских зображень (маркерів). Данна платформа надає можливість розробнику інтегрувати доповнену реальність в мобільний програмний продукт, на платформах Android, IOS та Windows Phone, а також працювати із крос платформним інструментом Unity. Unity це програмний продукт, що використовується для розробки два та тривимірних застосунків реалізуючи сценарії на C#, JavaScript та Boo.

Для побудови програмного прототипу мобільної початкової системи було використано саме Unity, що зумовлено наступними факторами:

- кросплатформність Unity, що дозволяє розробити єдиний мобільний додаток, який зможе легко перебудуватись та працювати під основними мобільними платформами;
- можливість використовувати імпортовані 3D зображення від різноманітних редакторів;
- легкість роботи із 3D зображеннями, їх розмірами та координатами.

Бібліотека моделей фізичного обладнання буде складатись із наборів моделей (3D об'єктів фізичного обладнання), відповідних їм маркерів попередньо заданих розмірів (10x10 сантиметрів) та скрипта, що описує фізичну взаємодію цих віртуальних моделей (див. рис. 3). Для того, щоб додати новий об'єкт в бібліотеку, необхідно створити для нього маркерне зображення, 3D модель цього об'єкту, та описати його фізичні властивості та алгоритми взаємодії із іншими моделями в бібліотеці.

Після появи в відео потоці маркеру, відповідна йому 3D модель фізичного обладнання буде масштабована та зорієнтована відповідно до положення та розмірів маркеру, а потім одразу накладена на відео потік (див. рис. 4). Якщо у відео потоці опиняться 3 різних маркери, програма зможе працювати із ними одночасно, а при зміні положення будь-якого із маркерів – аналогічно змінюється положення відповідної йому 3D моделі.

Скрипт на C# - є головним програмним кодом взаємодії 3D об'єктів та реалізації фізичних законів, що ми моделюємо. В ньому описані всі властивості всіх об'єктів, доданих до бібліотеки фізичного обладнання.

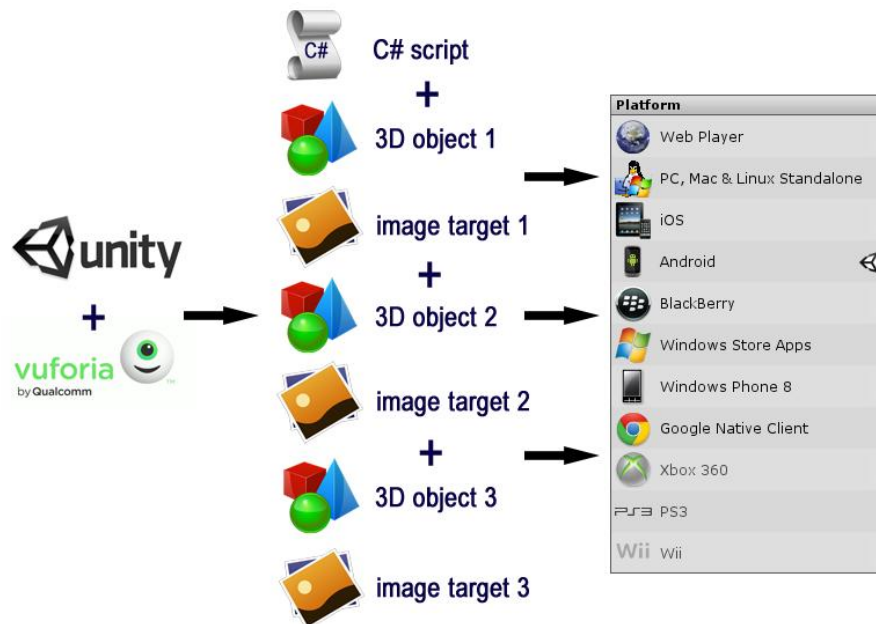


Рис. 3. Схема розробки навчальної системи: інструменти розробки, елементи бібліотеки фізичного обладнання, можливі платформи для фінальної компіляції (з ліва на право)

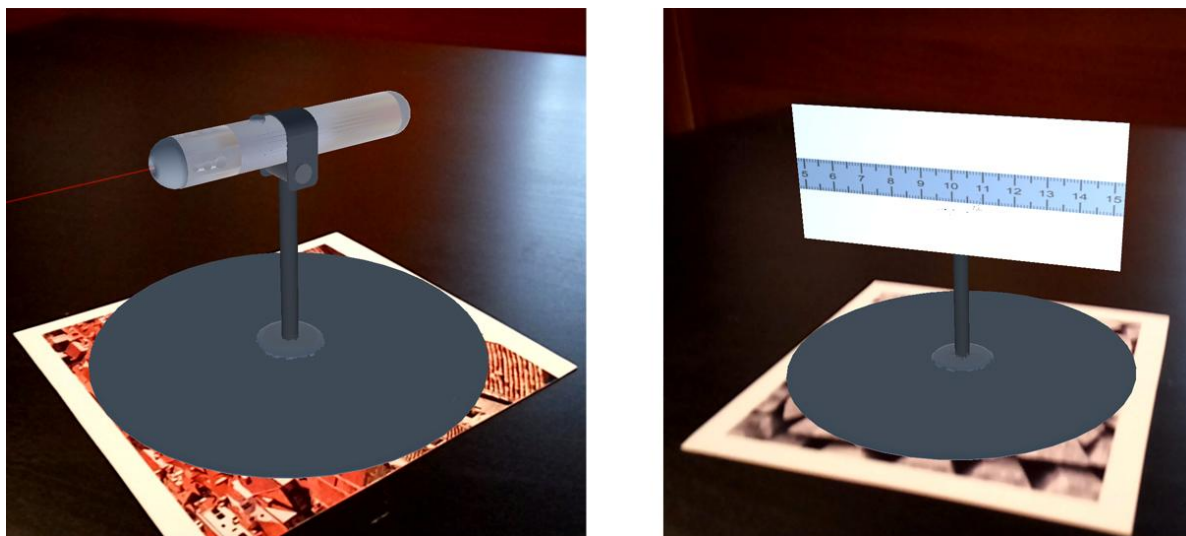


Рис. 4. Масштабовані та зорієнтовані по маркеру 3D моделі (лазер з ліва, екран з права)

Наприклад модель лазера має наступні властивості:

- Включати/виключати лазерне випромінювання в залежності від натискання на кнопку живлення лазера, що розташована зверху;
- Лазерне випромінювання – розповсюджується прямолінійно, до зіткнення із будь-яким об'єктом, при зіткненні перевіряється з яким саме об'єктом відбулось зіткнення променя, і якщо його немає в бібліотеці, то подальше розповсюдження променя припиняється. Якщо об'єкт знайдений в бібліотеці, то подальше розповсюдження променя буде відбуватись по описаному в бібліотеці фізичному закону, тобто якщо це наприклад скло – то промінь буде заломлюватись, якщо це дифракційна ґратка – то буде спостерігатись декілька дифракційних максимумів, а якщо це дзеркало – то відбиватись

і так далі. Якщо на шляху променю не потрапить жоден об'єкт – то він просто буде світити прямолінійно на нескінченність;

- Положення джерела випромінювання відносно стійки лазера, що дозволяє точно вимірювати відстань від джерела випромінювання до об'єкту зіткнення.
- Також лазерне випромінювання має свої характеристики, такі як наприклад довжина хвилі випромінювання, від якої залежить якого типу лазер використовується і відповідно змінюється колір випромінювання. Також ця характеристика буде враховуватись при розрахунках фізичних процесів, таких як дифракція, оскільки безпосередньо на них впливає. Такі параметри можна змінювати під час роботи для спостереження реакції системи на їх зміну або більш точного теоретичного розрахунку інших невідомих параметрів.

На рис. 5 зображено знімок з екрану мобільного телефону при тестуванні прототипу системи. На ньому можемо бачити як лазерний промінь, що проходить крізь дифракційну ґратку, утворює систему максимумів, умовно зображених променями лазера після проходження ґратки. Сам екран не містить жодних алгоритмів взаємодії із лазерним випромінюванням, тому просто не дає йому розповсюджуватись далі, на відміну від тої частини, котра не потрапила на екран.

Дифракційна ґратка має свої параметри, такі як: період, роздільна здатність, кутова дисперсія, тощо. Всі ці параметри впливають на подальше розповсюдження лазерного променю і спостереження дифракційних максимумів на екрані.

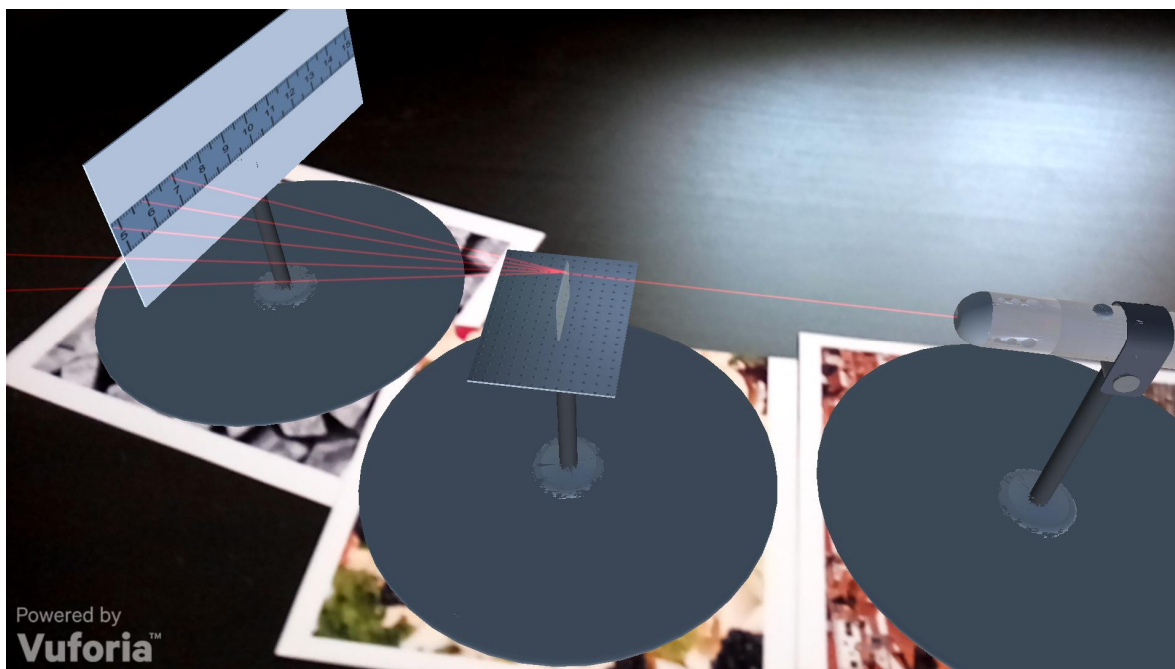


Рис. 5. Хід лазерного променю регулюється скриптом фізики

Користувач може змінювати відстань між дифракційною ґраткою та екраном вручну – змінюючи відстань між їхніми маркерами, що призведе до збільшення відстані між відповідними 3D моделями і, як наслідок, зміниться положення дифракційних максимумів, що спостерігаються на екрані.

Описавши алгоритми фізичної взаємодії 3D моделей реального фізичного обладнання і об'єднавши їх в бібліотеку - можна використовувати її для створення інтерактивних мобільних навчальних систем із реалізацією практичних робіт.

**Висновки та перспективи подальшого дослідження.** Актуальність впровадження технології доповненої реальності в освітній процес полягає в тому, що використання такої новітньої системи безсумнівно збільшить мотивацію студентів, а також підвищить рівень засвоєння інформації за рахунок різноманітності і інтерактивності її візуального представлення.

Використання таких систем дозволить перенести частину практичних робіт в дистанційну форму виконання та надасть змогу пройти курс всім охочим, як додатковий, навіть якщо він не передбачений навчальною програмою.

Розробка бібліотеки фізичного обладнання дозволяє повторно використовувати вже описані фізичні моделі, при розробці нових практичних курсів, проводити моделювання вільних фізичних експериментів із задіянням будь-якої кількості елементів будь-якого типу обладнання із описаного в бібліотеці набору.

Можливість змінювати деякі параметри фізичних об'єктів із бібліотеки – персоналізує виконання роботи та дозволяє реалізувати повторне виконання роботи без втрати цікавості до процесу її виконання.

Кросплатформність такої системи дозволить використовувати її на будь-якому мобільному пристрої що має камеру, для цього необхідно лише роздрукувати маркери приладів.

Недоліком такої системи є складність додавати нові об'єкти фізичного обладнання із їхніми фізичними властивостями, адже необхідно описати всі властивості нового об'єкта та алгоритм його взаємодії із існуючими об'єктами в бібліотеці, якщо така взаємодія теоретично можлива.

1. J. Borondo, R. M. Benito, and J. C. Losada, "Adapting physics courses in an engineering school to the b-learning philosophy," *European Journal of Engineering Education*, vol. 39, no. 5, pp. 496–506, 2014.
2. T. Martín-Blas and A. Serrano-Fernández, "The role of new technologies in the learning process: Moodle as a teaching tool in physics," *Computers & Education*, vol. 52, no. 1, pp. 35–44, 2009.
3. R. Vázquez-Ramírez, G. Alor-Hernández, and A. Rodríguez-González, "Athena: A hybrid management system for multi-device educational content," *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 22, no. 4, pp. 750–763, 2012.
4. K. Lassila-Perini, S. Malik, B. Hegner, A. Hinzmann, and R. Wolf, "Planning and organization of an e-learning training program on the analysis software in CMS," in *Proceedings of the "International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics (CHEP 2010)"*, IOP Publishing, 2010.
5. K. Verma, S. Dubey, and M. A. Rizvi, "Mobile cloud a new vehicle for learning: m-learning its issues and challenges," *International Journal of Science and Applied Information Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 113–131, 2012.
6. T. Hasegawa, H. Kojima, C. Masu, Y. Fukushima, H. Kojima, K. Konokawa, T. Isobe, E. Sato, H. Murayama, K. Maruyama, and T. Umeda, "Creation and application of three-dimensional computer-graphic animations for introduction to radiological physics and technology," *Radiol Phys Technol*, vol. 3, no. 1, pp. 1–9, 2010.
7. J. Keengwe and M. Bhargava, "Mobile learning and integration of mobile technologies in education," *Education and Information Technologies*, vol. 19, no. 4, pp. 737–746, 2014.
8. B. Faghhi, M. R. Azadehfar, and S. D. Katebi, "User interface design for elearning software," *The International Journal of Soft Computing and Software Engineerin*, vol. 3, no. 3, pp. 786–794, 2013.
9. J. V. Nickerson, J. E. Corter, S. K. Esche, and C. Chassapis, "A model for evaluating the effectiveness of remote engineering laboratories and simulations in education," *Computers & Education*, vol. 49, no. 3, pp. 708–725, 2007.
10. X. Chen, G. Song, and Y. Zhang, "Virtual and remote laboratory development: A review," in *Earth and Space 2010: Engineering, Science, Construction, and Operations in Challenging Environments*, pp. 3843–3852, American Society of Civil Engineers, 2010.
11. T. Eppes, P. Schuyler, and T. Oruganti, "Pilot test results of a new distance laboratory platform," in *Proceedings of the 2005 Annual Conference & Exposition, Session 2550*, 2005.
12. A. Bargelis, R. Mankute, and M. Rimašauskas, "Virtual and distance labs for vocational education training of industrial employees," in *Proceedings of the "18th International Conference. Mechanika 2013"*, pp. 21–26, Kaunas University of Technology, 2013.
13. Z. Nedić, J. Machotka, and A. Nafalski, "Remote laboratories versus virtual and real laboratories," in *Proceedings of the 33rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference T3E-3*, pp. 1–6, IEEE, 2003.
14. E. Scanlon, C. Colwell, M. Cooper, and T. D. Paolo, "Remote experiments, reversioning and re-thinking science learning," *Computers & Education*, vol. 43, no. 1-2, pp. 153–163, 2004.
15. S. Khachadorian, H. Scheel, P. de Vries, and C. Thomsen, "A practical approach for applying online remote experiments: Onprex," *European Journal of Engineering Education*, vol. 36, no. 1, pp. 21–34, 2014.
16. E. Costello, S. Fox, and T. Lynn, "Online labs for distance learners: reflections from an Irish pilot study," in *Proceedings of the "International Symposium for Engineering Education WISEE-08"*, Dublin City University, 2008.
17. S. J. Elliott and E. P. Kukula, "The challenges associated with laboratory-based distance education," *EDUCAUSE Quarterly*, no. 1, pp. 37–42, 2007.
18. X. PingJun, A. M. Lopes, M. T. Restivo, and Y. YingXue, "A new type haptics-based virtual environment system for assembly training of complex products," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 58, no. 1-4, pp. 379–396, 2011.
19. J. T. Jones and M. Joordens, "Distance learning for laboratory practical work in microcontrollers," *Distance Learning for Laboratory Practical Work in Microcontrollers*, vol. 19, no. 3, pp. 455–459, 2003.
20. H. Kaufmann and B. Meyer, "Simulating educational physical experiments in augmented reality," in *Proceedings of the "ACM SIGGRAPH ASIA 2008 educators program"*, ACM Press, 2008.
21. J. L. Anderson and M. Barnett, "Learning physics with digital game simulations in middle school science," *Journal of Science Education and Technology*, vol. 22, no. 6, pp. 914–926, 2013.
22. R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," in *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997.