



Г. М. Брославська

*Комунальний заклад «Харківська гуманітарно-педагогічна академія»
Харківської обласної ради, м. Харків, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9839-4604> – Г. М. Брославська
 broslavska2010@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯЦІЙ У НАВЧАННІ ФІЗИКИ В ЗАКЛАДАХ ОСВІТИ

Анотація. У статті проаналізовано значення комп'ютерних симуляцій для якісного вивчення фізики; розкрито основні підходи використання віртуальних моделей у фізичній освіті, а саме: розвитку пізнавальної активності учасників освітнього процесу, формування в них експериментальних навичок і забезпечення кращого розуміння здобувачами освіти фізичних процесів.

Велика увага приділена комп'ютерним симуляціям через те, що вони дозволяють моделювати фізичні явища у віртуальному середовищі, що гарантує безпечні умови для проведення експериментів, водночас спрощується сприйняття складних процесів, розвиваються навички наукового дослідження.

Симуляції відкривають безліч можливостей для здобуття фізичної освіти, які складно або неможливо реалізувати під час традиційного офлайн-навчання.

У фізичній освіті симуляції виконують демонстраційну, дослідницьку та тренувальну функції.

Основними напрямками використання симуляцій у фізиці вважаються: віртуальні лабораторії, інтерактивні демонстрації та проєктна діяльність.

Автором розкрито переваги (безпечність експериментів, доступність і економічність, можливість вивчення абстрактних процесів, інтерактивність і залучення, адаптивність до індивідуальних потреб) та недоліки (брак розвитку практичних навичок, ризик поверхневого розуміння, технічні проблеми, необхідність педагогічного супроводу) використання симуляцій на заняттях під час вивчення фізики, названо програмне забезпечення (PhET Interactive Simulations, Algodoo, Crocodile Physics), необхідне для покращення навчального процесу; окреслено перспективи подальших досліджень у цьому напрямі: інтеграція доповненої та віртуальної реальності, адаптивні освітні системи, спільні віртуальні середовища, гейміфікація процесу навчання.

Використання симуляцій у викладанні фізики є потужним інструментом модернізації освітнього процесу, що сприяє: підвищенню якості освіти; розвитку в учасників освітнього процесу пізнавальної активності та критичного мислення; формуванню в них дослідницьких умінь і здатності до моделювання; підготовці наших здобувачів освіти до реальних викликів майбутнього.

Ключові слова: фізика, комп'ютерні симуляції, візуалізація фізичних процесів, інтерактивні технології, освітній процес.

Н. М. Broslavska

*Municipal Establishment "Kharkiv Humanitarian-Pedagogical Academy"
of Kharkiv Regional Council, Kharkiv, Ukraine*

USE OF SIMULATIONS IN TEACHING PHYSICS IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Abstract. In the article: the importance of computer simulations for the qualitative study of physics is analyzed; the main approaches of using virtual models in physical education, namely: the development of cognitive activity of participants in the educational process, the formation of experimental skills in them and providing a better understanding of physical processes by students.

Much attention is paid to computer simulations due to the fact that they allow to simulate physical phenomena in a virtual environment, which provides safe conditions for conducting experiments, while simplifying the perception of complex processes, developing skills of scientific research.

Simulations open up many opportunities for physical education that are difficult or impossible to implement during traditional offline learning.

In physical education, simulations perform demonstration, research and training functions.

The main areas of use of simulations in physics are: virtual laboratories, interactive demonstrations and project activities.

The author reveals advantages (safety of experiments, availability and economy, possibility of studying abstract processes, interactivity and attraction, adaptability to individual needs) and disadvantages (insufficient development of practical skills, risk of superficial understanding, technical problems, necessity of pedagogical support) of use of simulations in classes during studying of Physics named software (PhET Interactive Simulations, Algo00, Crocodile Physics), necessary to improve the educational process; prospects further research in this direction are outlined: integration of augmented and virtual reality, adaptive educational systems, joint virtual environments, gamification of the learning process.

The use of simulations in teaching physics is a powerful tool for modernizing the educational process, which contributes to: Improving the quality of education; development of educational process of cognitive activity and critical thinking among participants; formation of their research skills and modeling; preparing our students for the real challenges of the future.

Key words: physics, computer simulations, visualization of physical processes, interactive technologies, educational process.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку суспільства зумовлює необхідність переосмислення підходів до організації навчального процесу в закладах освіти України. Ідеться про вивчення таких важливих освітніх компонентів, як хімія, біологія, фізика, математика, іноземна мова тощо.

Особливу увагу варто приділити фізиці, адже вона є базовою природничою дисципліною, потребує глибокого розуміння явищ і процесів, які відбуваються у природі, навколо нас, під час проведення експериментів і досліджень.

Проблемою для наших здобувачів освіти є труднощі, які вони відчують під час вивчення фізики, через абстрактність її понять, складність експериментальних установок і небезпеку деяких дослідів. Тому нині для глибшого та кращого сприйняття та розуміння матеріалу вищезгаданого освітнього компонента педагоги на заняттях використовують комп'ютерні симуляції.

«Комп'ютерні симуляції – це максимально наближена до реальності імітація фізичних процесів» [1].

Симуляції дозволяють моделювати фізичні явища у віртуальному середовищі, що гарантує безпечні умови для проведення експериментів, водночас спрощується сприйняття складних процесів, розвиваються навички наукового дослідження.

Наприклад, під час вивчення теми «Будова атома» здобувачі освіти можуть відчути себе експериментаторами, «перенестись» у той час, коли проводилися дослідження будови атома. Дослід Е. Резерфорда повторити у звичайних умовах неможливо, адже для цього потрібне спеціальне обладнання, це пов'язано з опроміненням (бомбардуванням) радіоактивними α -частинками золотої фольги й іншими неможливими факто-

рами. Тому в такому разі експеримент здобувачі освіти можуть спостерігати за допомогою симулятора Mozaik 3D, який називається «Експеримент Резерфорда». За допомогою цього симулятора можна наближено до реальних умов:

- побачити лабораторію видатного фізика під час експерименту (рис. 1);

- перебіг експерименту Е. Резерфорда (рис. 2);

- послухати пояснення про те, як здійснювалося бомбардування атомів золота α -частинками, побачити їх відхилення (рис. 3);

- побачити процес розсіювання частинок (рис. 4);

- отримати від Е. Резерфорда запитання для перевірки того, наскільки здобувачі освіти, які ознайомилися з експериментом, зрозуміли показаний фізичний дослід (рис. 5);

- отримати інформацію про дослідження атома Дж. Томсоном, Е. Резерфордом (рис. 6) тощо.

Відомі науковці D. Hestenes [5], E.F. Redish [8], E. Mazur [6] та інші підтверджують ефективність упровадження симуляцій у навчальний процес.

Мета статті полягає у проведенні аналізу ролі симуляцій у вивченні фізики, узагальненні наукових підходів до їх використання, визначенні переваг і недоліків віртуальних моделей, а також у формулюванні рекомендацій для їх ефективного запровадження в освітній процес.

Виклад основного матеріалу. Комп'ютерна симуляція визначається як процес створення та використання моделей для імітації фізичних явищ і процесів. У фізичній освіті симуляції сприяють переходу від суто репродуктивного навчання до дослідницького, що узгоджується з концепціями активного навчання та конструктивізму [8]. Згідно з теорією D. Hestenes, модельне навчання передбачає формування у здобувачів освіти вміння будувати, перевіряти й аналізувати моделі,



Рис. 1. Лабораторія Е. Резерфорда

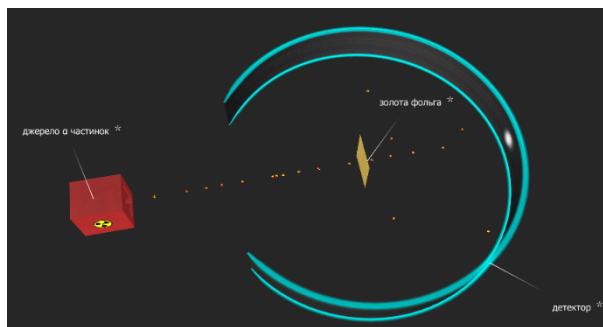


Рис. 2. Експеримент Е. Резерфорда

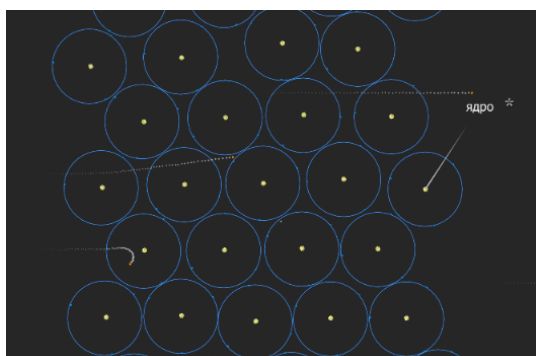


Рис. 3. Бомбардування атомів золота α -частинками

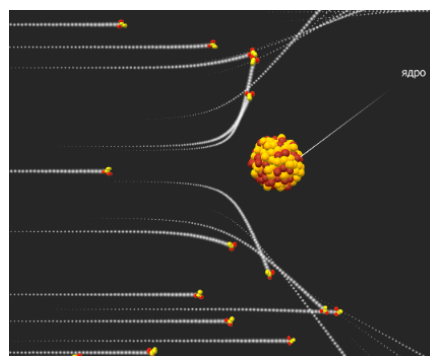


Рис. 4. Траєкторія руху α -частинок



Рис. 5. Тестові запитання

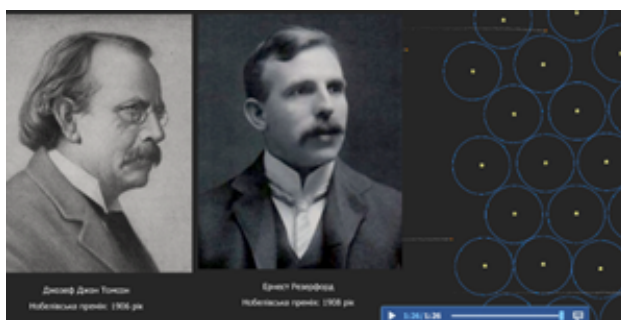


Рис. 6. Дослідники атома: Д. Томсон та Е. Резерфорд

що репрезентують реальні фізичні системи [5]. Отже, використання симуляцій відповідає природі наукового пізнання. С. Кумар (S. Kumar) вважає, що «онлайн-симуляції дозволяють студентам бути ближчими до реальності, ніж під час прослуховування лекцій і сухого теоретизування, <...> допомагають застосовувати книжкову теорію на практиці» [2].

У фізичній освіті симуляції виконують такі важливі функції: демонстраційну (наочна ілюстрація процесів), дослідницьку (проведення віртуальних експериментів) і тренувальну (формування навичок вирішення експериментальних задач).

Основні напрями використання симуляцій у фізиці:

1. *Віртуальні лабораторії* – один із найпоширеніших способів використання симуляцій.

Наприклад, PhET Interactive Simulations пропонує понад 150 інтерактивних симуляцій для різних розділів фізики [7]. Віртуальні лабораторії дозволяють учасникам освітнього процесу досліджувати такі розділи фізики: механіку, електрику, магнетизм, термодинаміку, оптику тощо.

2. *Інтерактивні демонстрації* – дають можливість реалізувати динамічні демонстрації явищ, що складно або неможливо показати у класичних умовах (наприклад, поширення хвиль у різних середовищах або поведінка заряджених частинок у магнітному полі).

3. *Проектна діяльність* – сприяє розвитку творчості та критичного мислення. Наприклад, інструменти моделювання, як-от Algodoo, дозволяють здобувачам освіти створювати власні моделі механічних систем і досліджувати їхню поведінку за різних умов.

Комп'ютерні симуляції мають низку переваг, які визначають їхню високу ефективність у навчальному процесі під час вивчення фізики. Симуляції дозволяють уникнути ризиків, пов'язаних із проведенням реальних фізичних експериментів із небезпечними матеріалами або складним обладнанням, що гарантує безпеку для життя та здоров'я учасників освітнього процесу [4]. Симуляції є досить економними й доступними, адже віртуальні лабораторії не потребують закупівлі дорогого устаткування, що особливо важливо для навчальних закладів з обмеженим фінансуванням, яких в Україні більшість. Ще однією важливою перевагою використання комп'ютерних симуляцій є можливість вивчення абстрактних процесів, зокрема, вони допомагають моделювати процеси, які важко спостерігати безпосередньо (наприклад, квантові явища, рух молекул). Інтерактивність і залучення учасників освітнього процесу в управління параметрами моделі сприяє їхньому глибшому розумінню фізичних законів і залежностей [9]. Також завдяки симуляціям здобувачі освіти можуть працювати у власному темпі, повертатися до складних моментів або експериментувати з різними сценаріями.

Попри численні переваги, існують деякі обмеження щодо застосування симуляцій у вивченні фізики. Насамперед це занижений рівень розвитку практичних навичок, оскільки використання лише віртуальних моделей може зменшити можливість набуття досвіду роботи з реальними приладами та матеріалами [10]. Окрім цього, є ризик поверхневого розуміння матеріалу, що вивчається, у разі некритичного підходу до використання симуляцій учасники освітнього процесу можуть сприймати модель як самодостатню реальність, не усвідомлювати обмежень і умовностей моделювання. Також можуть спостерігатися технічні проблеми, адже якість навчального процесу залежить від наявності та справності комп'ютерної техніки, стабільності програмного забезпечення та сформованості відповідних навичок у викладачів. Ефективне використання симуляцій потребує методичного педагогічного супроводу, правильного формулювання завдань та інтеграції симуляцій у загальну структуру заняття.

Варто звернути увагу на досвід використання таких програмних продуктів:

1. PhET Interactive Simulations, що є одним із найпопулярніших інструментів для інтеграції симуляцій у викладання фізики. Розроблені в Університеті Колорадо, симуляції PhET охоплюють широкий спектр тем, як-от кінематика, електродинаміка, оптика, молекулярна фізика [7] тощо. Для них характерні висока якість візуалізації, можли-

вість інтерактивного впливу на параметри моделі, багатомовна підтримка.

2. Algodoo, що орієнтований на моделювання механічних процесів і дозволяє створювати складні сценарії руху тіл, досліджувати закони збереження імпульсу й енергії. Його використання особливо ефективне для розвитку навичок експериментальної роботи серед здобувачів освіти.

3. gocodile Physics, за допомогою якого можна створювати розгорнуті симуляції електричних схем, теплових процесів, механіки. Його функціонал дозволяє формувати комплексні дослідження взаємозв'язків фізичних величин.

Перспективи подальшого розвитку симуляцій у фізичній освіті пов'язані з такими напрямками, як інтеграція доповненої та віртуальної реальності, оскільки розширені можливості VR і AR-технологій дозволяють створювати ще реалістичніші середовища для проведення експериментів [3]; адаптивні освітні системи, пов'язані з використанням штучного інтелекту для аналізу дій учасників освітнього процесу та пропозицій індивідуалізованих маршрутів навчання; спільні віртуальні середовища, розвиток платформ, які дозволяють здобувачам освіти працювати над симуляціями в командах у реальному часі; гейміфікація процесу навчання – використання елементів ігор у симуляціях, що сприяє підвищенню зацікавленості, мотивації та залученості учасників освітнього процесу до вивчення фізики.

Ми на своїх заняттях із фізики як у загальноосвітній школі, так і в закладах вищої освіти активно використовуємо комп'ютерні симуляції. На нашу думку, вони допомагають педагогам дати учням і студентам якіснішу фізичну освіту, завдяки тому, що здобувачі освіти мають можливість отримати практичний досвід без ризику для здоров'я, адже навчаються, проводять дослідження в безпечному для них середовищі, яке складно або й неможливо реалізувати під час традиційного офлайн-навчання.

Наприклад, під час вивчення теми «Закони з'єднання провідників» здобувачі освіти користуються симуляцією «Лабораторія електрики: постійний струм – віртуальна лабораторія». Складаючи електричні кола (рис. 7), вони не наражаються на небезпеку бути враженими електричним струмом, не завдають жодних матеріальних збитків (перегоріла лампочка, переламався провід тощо).

Симулятори роблять процес навчання більш інтерактивним і захопливим. Замість пасивного слухання лекцій здобувачі освіти беруть активну участь у процесі вивчення фізики, самостійно експериментують, ухвалюють рішення та бачать

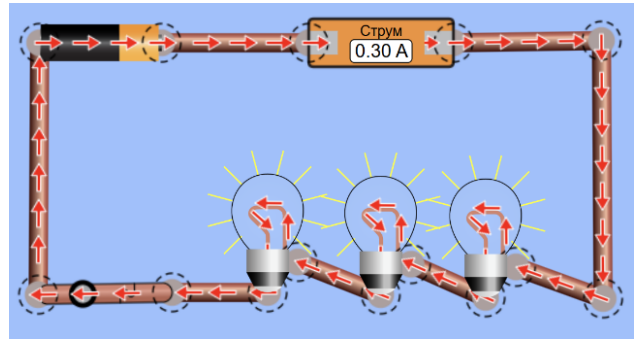
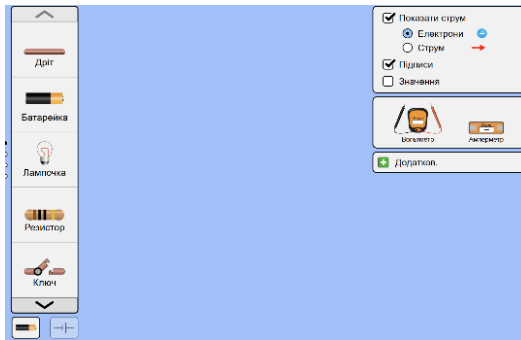


Рис. 7. Використання симуляції для послідовного з'єднання провідників

наслідки власних досліджень у реальному часі. Це значно підвищує їхню зацікавленість і мотивацію до отримання фізичної освіти.

За допомогою комп'ютерних симуляцій можлива візуалізація складних для розуміння студентами фізичних явищ, адже саме у віртуальному середовищі їх можна побачити та взаємодіяти з ними. Наприклад, під час вивчення теми «Фотоэффект. Закони фотоэффекту» симуляція «Фотоэффект» (рис. 8) дає змогу здобувачам освіти візуалізувати цей фізичний процес, зрозуміти закони фотоэффекту, побачити, від чого залежить наявність фотоструму, самостійно визначити «червону межу фотоэффекту» тощо.

Під час вивчення фізики з використанням симуляторів учасникам освітнього процесу ставляться завдання та проблеми, які вони повинні вирішувати з використанням своїх знань, умінь і навичок. Це сприяє розвитку їхнього критичного мислення, аналітичних здібностей, формуванню

навичок вирішення проблем і вміння ухвалювати обґрунтовані рішення.

За допомогою симуляторів можна здійснювати індивідуалізоване навчання, їх можна налаштовувати та використовувати відповідно до індивідуальних потреб і темпу навчання кожного здобувача освіти. Симулятори створені так, що в них можна за допомогою наявних у них перемикачів і повзунків (рис. 9) змінювати дані, ускладнювати фізичний процес (за бажанням студентів), надавати персоналізований зворотний зв'язок і відстежувати прогрес.

Під час вивчення фізики симулятори варто використовувати ще й тому, що вони не тільки дають можливість здобувачам освіти набутти практичних навичок і умінь, а й зрозуміти краще навчальний матеріал, розвивати бажання та знання, у яких ситуаціях можна їх застосувати.

За допомогою симуляторів можна повторювати необмежену кількість разів експеримент,

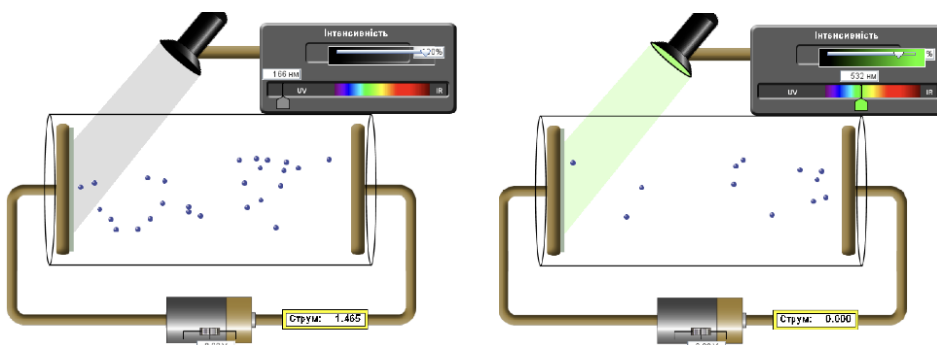


Рис. 8. Залежність фотоэффекту від інтенсивності світла та довжини хвилі

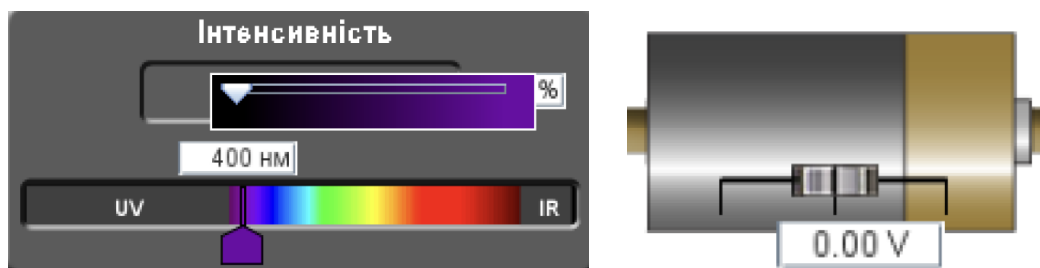


Рис. 9. Перемикачі та повзунки в симуляціях PhET

змінювати час виконання дослідження, дані експерименту тощо. За допомогою симуляцій також можна виявити помилкові припущення, що існували у здобувачів освіти до проведення дослідів, сформувати інструментальні та предметні компетентності.

Симулятори для отримання фізичної освіти можна знайти на освітньому порталі «Всеосвіта»; на сайті компанії “Promethean”, яка розробляє інтерактивні панелі та пропонує цифрові додатки та симуляції; у PhET Interactive Simulations (Університет Колорадо), де надано велику кількість безкоштовних інтерактивних симуляцій із фізики, безліч інтерактивних симуляцій із різних розділів фізики, як-от механіка, електрика, магнетизм, оптика, термодинаміка, квантова фізика, багато інших, які є інтерактивними, візуально привабливими та дозволяють змінювати параметри експерименту та спостерігати за результатами в реальному часі; на платформі ROQED Science, де представлено 3D-симулятори для природничих наук (фізики, хімії, біології, географії) з можливістю проведення віртуальних лабораторних робіт.

Варто також звернути увагу на те, що багато видавництв і компаній, які розробляють навчальне програмне забезпечення, пропонують симуляції як частину своїх продуктів. Щоб знайти потрібну симуляцію, потрібно звертатися до їхніх каталогів. Також платформи для управління навчанням (LMS), як-от Moodle, Google Classroom, можуть інтегрувати або містити посилання на різні освітні симулятори, зокрема й пов’язані з вивченням фізики.

Висновки. Використання симуляцій у викладанні фізики сприяє модернізації освітнього процесу, розвитку пізнавальної активності, критичного мислення, формуванню дослідницьких умінь і моделювання, підвищенню якості освіти та підготовці наших здобувачів освіти до реальних викликів майбутнього. Ефективність їх застосування залежить від методичного супроводу, правильної організації діяльності здобувачів освіти та комплексного підходу до поєднання віртуальних і реальних експериментів. Симуляції не замінюють реальну фізичну лабораторію, проте значно розширюють можливості навчання, особливо за умов ресурсних обмежень або необхідності пояснення абстрактних концепцій. Подальший розвиток технологій обіцяє ще більшу інтеграцію симуляцій із освітнім процесом.

Список літератури:

1. Експериментальні роботи. URL: https://phys.ipk.kubg.edu.ua/?page_id=4774 (дата звернення: 14.05.2025).

2. Комп’ютерні симуляції в освіті. URL: <https://aser23.wixsite.com/website/komp> (дата звернення: 14.05.2025).

3. Bower M., Howe C., McCredie N., Robinson A., Grover D. Augmented Reality in education cases, places and potentials. *Educational Media International*. 2014. Vol. 51 (1). P. 1–15.

4. Jong T., Joolingen W.R. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*. 1998. Vol. 68 (2). P. 179–201.

5. Hestenes D. Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*. 1987. Vol. 55 (5). P. 440–454.

6. Mazur E. Peer Instruction: A User’s Manual. *Prentice Hall*. 1997. 253 p.

7. PhET Interactive Simulations. University of Colorado Boulder. URL: <https://phet.colorado.edu/>.

8. Redish E.F. A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. *Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*. College Park. 1996. P. 1–56.

9. Rutten N., Joolingen W.R., Veen J.T. The learning effects of computer simulations in science education. *Computers. Education*. 2012. Vol. 58 (1). P. 136–153.

10. Zacharia Z.C., Anderson O.R. The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students’ conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*. 2003. Vol. 71 (6). P. 618–629.

References:

1. Eksperymental’ni roboty [Experimental works] (2025). Instytut pisladyplomnoi osvity KUBH – Institute of Postgraduate Education of Borys Grinchenko Kyiv University. Retrieved from: https://phys.ipk.kubg.edu.ua/?page_id=4774 [in Ukrainian].

2. Komp’yuterni symulyatsiyi v osviti [Computer simulations in education] (2025). Retrieved from: <https://aser23.wixsite.com/website/komp> [in Ukrainian].

3. Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented reality in education: Cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51 (1), 1–15.

4. Jong, T., & Joolingen, W.R. van. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179–201.

5. Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55 (5), 440–454.

6. Mazur, E. (1997). Peer instruction: A user’s manual. *Prentice Hall*.

7. PhET Interactive Simulations (2025, March 14). University of Colorado Boulder. Retrieved from: <https://phet.colorado.edu/>.

8. Redish, E.F. (1996). A theoretical framework for physics education research: Modeling student thinking. *In Proceedings of the International Conference on*

Undergraduate Physics Education (pp. 1–56). College Park.

9. Rutten, N., van Joolingen, W.R., & van der Veen, J.T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58 (1), 136–153.

10. Zacharia, Z.C., & Anderson, O.R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71 (6), 618–629.

© Г. М. Брославська, 2025

Науково-методична стаття

Надійшла до редакції 15.04.2025

Прийнято до публікації 04.06.2025