

Галина Окрепка
ORCID iD 0000-0002-3165-8521

кандидат хімічних наук,
асистент кафедри медичної та фармацевтичної хімії,
Буковинський державний медичний університет,
пл. Театральна, 2, 58000 Чернівці, Україна,
okrepka@bsmu.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТРЕНАЖЕРІВ PhET–INTERACTIVE SIMULATION ПРИ ВИКЛАДАННІ ЗАГАЛЬНОЇ ХІМІЇ ФАРМАЦЕВТАМ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ

На основі практичного досвіду розглянуто проблеми і перспективи використання віртуальних тренажерів–симуляторів для підвищення інтерактивності навчальних матеріалів при викладанні загальної хімії у закладах вищої освіти. Розроблено інструкції та студентами–фармацевтами апробовано виконання віртуальних практичних робіт із застосуванням симуляцій PhET–Interactive Simulation. Сформульовано переваги та недоліки використання в освітньому процесі віртуальних практичних робіт з хімії на тренажерах PhET. Встановлено, що відбувається активізація навчальної діяльності і виконання завдань на симуляторі сприяє підвищенню якісного показника успішності, зростає пізнавальний інтерес до реального експерименту, розвиваються дослідницькі компетенції у студентів. Студенти набувають навички встановлювати причинно-наслідкові зв'язки та зв'язку матеріалу, який вивчається із повсякденним життям і власним досвідом. Симуляції PhET – це метод інтерактивного навчання, який можна ефективно впроваджувати у різні заняття (лекції, семінари, практичні заняття) та використовувати із різною метою (пояснення нового матеріалу, відпрацювання навичок та набуття вмінь, перевірка гіпотез та прогнозів, рефлексія, формування дослідницької компетенції). Тренажери PhET–Interactive Simulation надають студентам можливість для самостійного опрацювання нового матеріалу, розвитку навичок планувати експеримент, висувати гіпотези, робити передбачення та прогнози, а також теоретично підготуватись до виконання реального експерименту під час роботи у хімічній лабораторії. Недоліками використання PhET симуляторів у навчальному процесі є необхідність наявності комп'ютерів або смартфонів, а також доступу до мережі Інтернет. Крім того, моделювання на симуляторах не може сформуванати у студентів навичок роботи з реальним лабораторним обладнанням та устаткуванням.

Ключові слова: віртуальні тренажери, симулятори, загальна хімія, PhET–Interactive Simulation, успішність.

© Окрепка Г., 2020

<https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.3.12>

Вступ. Останнє десятиріччя характеризується інформатизацією освіти та розвитком віртуальних складових технологій навчання: нові форми подання матеріалу, доступ до освітніх ресурсів в мережі Інтернет, а також нові форми організації навчання (вебінари, відеолекції, віртуальні лабораторії, тренажери, симулятори). У різні сфери діяльності людини стрімко впроваджується велика кількість віртуальних технологій. Хімія не залишається осторонь.

Курс «Загальна та неорганічна хімія» включає великий об'єм теоретичного матеріалу, який ускладнено практичними і розрахунковими задачами і завданнями. Об'ємні теми та курси помітно знижують мотивацію студентів. Тому перед сучасними викладачами існує завдання постійного вдосконалення курсу з метою підвищення ефективності навчання завдяки оптимізації кількості та якості навчальних матеріалів, а також розробки та впровадження нових методик їхнього викладання.

Ефективність освітнього процесу можна підвищити завдяки застосуванню сучасних інформаційно–комунікаційних технологій. Такі технології сприяють підвищенню інформативно–комунікативної компетентності студентів, активізації пізнавальної діяльності та розвитку їхньої самостійності в опануванні знань, посиленню позитивної мотивації навчання завдяки формуванню умінь та навичок роботи із сучасними інтерактивними технологіями.

Оскільки хімія є експериментальною наукою і передбачає виконання великої кількості практичних робіт, то інтерактивними технологіями можуть бути віртуальні лабораторії (Domingues, 2010, p. 22), (Martin-Villalba, 2012, p. 170, 177), (URL: <http://modelscience.com/products.html>), тренажери-симулятори (URL: <https://learning.ua>), (URL: <https://phet.colorado.edu>). Такі технології та засоби навчання для відпрацювання вмінь та навичок створюють умови при яких студент з пасивного спостерігача перетворюється в активного учасника освітнього процесу.

Ключовим аспектом будь-якого навчання є його практична спрямованість. Платонов К.К. писав про особливості навчання фахівців з використанням тренажерів: «Тренажер – це навчальний посібник, що дозволяє формувати навички, необхідні в реальних умовах праці» (Платонов, 1961, с. 77). Дослідження показують, що використання комп'ютерних анімації та симуляції покращують концептуальне розуміння студентами хімії (Aldahmash, 2009, p. 1442), (Kelly, 2016, p. 1010). Тренажери-симулятори – ефективний інструмент для розробки студентами моделей хімічних процесів на молекулярному рівні (Sanger, 2007, p. 875), (Kelly, 2008, p. 303). Крім того, такі інтерактивні методи навчання допомагають розвивати інтегративне розуміння хімічних явищ від макро– до мікрорівня (Kozma, 2003, p. 206), (Schank, 2002, p. 253).

Мета статті – проаналізувати основні аспекти запровадження віртуальних практичних робіт на тренажерах-симуляторах PhET-Interactive Simulation в освітній процес підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої кваліфікації «Магістр фармації» у Вищому державному навчальному закладі України «Буковинський державний медичний університет». Об'єктом дослідження є тренажери-симулятори PhET-Interactive Simulation. Предметом дослідження є використання тренажерів в освітньому процесі.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- розробити протоколи та інструкції для виконання віртуальних практичних робіт на тренажері PhET-Interactive Simulation
- використати тренажери PhET-Interactive Simulation в освітньому процесі підготовки фахівців спеціальності «Фармація»
- сформулювати переваги та недоліки тренажерів-симуляторів PhET-Interactive Simulation в освітній діяльності, а також визначити їх ефективність та вплив на результати навчання.

Методологія – як метод інтерактивного навчання використано тренажери-симулятори PhET-Interactive Simulation для вивчення загальної хімії курсу «Загальна та неорганічна хімія». Розроблено інструкції та протоколи для розв'язання навчально-дослідницьких завдань та виконання віртуальних практичних

робіт із застосуванням симуляцій PhET–Interactive Simulation. Учасниками експерименту були студенти I курсу спеціальності 226 «Фармація. Промислова фармація» Вищого державного навчального закладу України «Буковинський державний медичний університет». Для дослідження ефективності використання практичних робіт на PhET–Interactive Simulation з метою рефлексії вивченого матеріалу було застосовано контроль знань за допомогою тестових завдань на сервері дистанційного навчання MOODLE.

Результати та обговорення дослідження. Інтерактивне комп'ютерне моделювання за допомогою симуляторів PhET є унікальним, потужним, доступним та технологічним інструментом для вивчення хімії. Проект PhET–Interactive Simulation (URL: <https://phet.colorado.edu>) займається розробкою безкоштовних інтерактивних симуляцій для вивчення тем з природничих наук (фізики, хімії, біології) та математики вже більше десяти років. Це відкритий освітній ресурс, який містить набір з 130 інтерактивних тренажерів, 30 з яких є хімічними, крім того до кожного тренажеру наведено допоміжні матеріали викладачу для ефективного використання у навчальному процесі. PhET симуляції доступні 34 мовами, а сим–файли - 79 мовами. Симулятори PhET безперебійно працюють як онлайн так і офлайн на різних пристроях: настільних комп'ютерах, ноутбуках та мобільних телефонах.

Тренажери PhET–Interactive Simulation – сучасна технологія набуття практичних навичок, умінь та знань, заснована на реалістичному моделюванні та імітації фізичних та хімічних явищ. Симуляції PhET орієнтовані на засвоєння навчального матеріалу за допомогою проведення віртуальних досліджень та випробувань. Це ігрові імітації–симуляції з інтуїтивно зрозумілим, дослідницьким та простим у користуванні інтерфейсом і мінімальним текстом, що підходять для навчання учнів та студентів у закладах різних рівнів освіти.

Симулятори PhET є ефективними не лише для концептуального розуміння понять, явищ і хімічних процесів, а також з їх допомогою можна залучити студентів до наукових досліджень, що значно підвищує інтерес студентів до навчання. Це

візуальні моделі, які роблять невидиме видимим, забезпечують безпечний та швидкий доступ до декількох випробувань, формують уявлення та розуміння явища, яке вивчається віртуальним науковим дослідженням.

Симуляції PhET мають потужний потенціал для вдосконалення освітнього процесу за допомогою інтерактивної діяльності студентів. Завдання симуляторів не тільки візуалізувати вже набуті знання, а також отримати нові навички та вміння шляхом взаємодії із тренажером-симулятором. Розуміння матеріалу відбувається шляхом активної взаємодії студента зі симулятором. Симуляції PhET створюють безпечне середовище для проведення експериментальних досліджень, студенти вчаться планувати експеримент, висувати гіпотези, робити передбачення та прогнози. В результаті виконання роботи ідеї формулюються та удосконалюються, гіпотези спростовуються або підтверджуються на основі спостережень та зворотного зв'язку з симулятором. Оскільки набуття фахових компетентностей вимагає не лише фактичних знань, але і розвитку організаційної структури, яка дозволяє ефективно шукати та застосовувати ідеї та гіпотези на практиці, то використання таких симуляторів у освітньому процесі є ефективним (Chi, 1981, p.121). Крім того, студенти автономні у виборі місця і часу роботи із симулятором. Вони самостійно вчаться встановлюють причинно-наслідкові зв'язки та зв'язок наукових знань з повсякденним життєвим досвідом і усвідомлюють, що наука є ключем до розуміння світу (Lancaster, 2013, p. 110).

PhET симуляції розроблені таким чином, що їх можна використовувати для різноманітних навчальних цілей та інтегрувати з різними педагогічними підходами та прийомами. Можна використовувати моделювання PhET для викладання загальної хімії не лише на лекціях і на практичних заняттях, але і для виконання домашніх завдань. На лекціях – для забезпечення наочності навчального змісту, що стосується внутрішньої будови речовин чи хімічних процесів при ознайомленні студентів з новим матеріалом. На практичних заняттях – для відпрацювання практичних навичок під час підготовки до проведення реальної лабораторної роботи, або у випадках неможливості проведення реальних експериментів через відсутність реактивів, обладнання, тривалість роботи, можливість виникнення

небезпеки здоров'ю студента при проведенні роботи, або коли робота з моделлю об'єкта чи явища дозволить більш якісно зрозуміти їх сутність і закономірності перебігу процесу. У симуляторах PhET інтуїтивно зрозумілий інтерфейс тому вони можуть використовуватися студентами без інструкцій та протоколів для самонавчання і виконання домашнього завдання (Kohl, 2006, p. 101).

Симулятори PhET можна використовувати по-різному, так, зокрема, після виконання роботи з віртуальними тренажерами PhET на теми «Концентрація», «Шкала рН», «Розчини кислот та основ» отримані навички повинні відпрацьовуватися із відповідними реальними об'єктами при виконанні реальних лабораторних робіт для формування конкретних навичок, пов'язаних з функціонуванням устаткування: зважування речовин, робота з рН-метром, лабораторним посудом і т.д. Такі навички за допомогою тренажерів PhET не можливо сформувати і формуються лише при виконанні реального експерименту. Тому в залежності від теми та мети заняття може бути ефективним використання тільки симуляції або доцільним може бути поєднання роботи на тренажері і реальним обладнанням.

Так, наприклад, для тем розділу «Загальної хімії»: «Будова атома», «Ізотопи. Атомна маса», «Властивості газів», «Агрегатні стани речовини», «Будова молекули» та інші, виконання лабораторного практикуму в умовах лабораторії університету не можливе через відсутність дороговартісного обладнання. Застосування симуляторів для ознайомлення студентів із вище наведеними темами, а також для виконання віртуального експериментального дослідження відповідно до розроблених протоколів, створює можливість кращого сприйняття та розуміння фізичних та хімічних процесів на рівні не лише речовин, елементів, молекул, атомів, а на рівні елементарних частинок атома також (рис.1).

Особливістю симуляторів є використання анімації, яка є корисною для того, щоб допомогти студентам уявити динаміку хімічних процесів (Kelly, 2007, p. 413). Студенти можуть легко змінювати необхідний параметр і тут же спостерігати за його впливом на стан системи.

Розроблено протоколи та інструкції для виконання віртуальних практичних робіт студентами-фармацевтами на симуляторах PhET–Interactive Simulation. Після ознайомлення з темою і метою заняття та інструкцією проведення віртуального дослідження, студент виконує завдання на симуляторі, записує свої спостереження та результати у протокол, вчиться передбачати та формулювати ідеї, які підтверджуються або спростовуються в результаті виконання віртуальної практичної роботи, робить відповідні висновки.

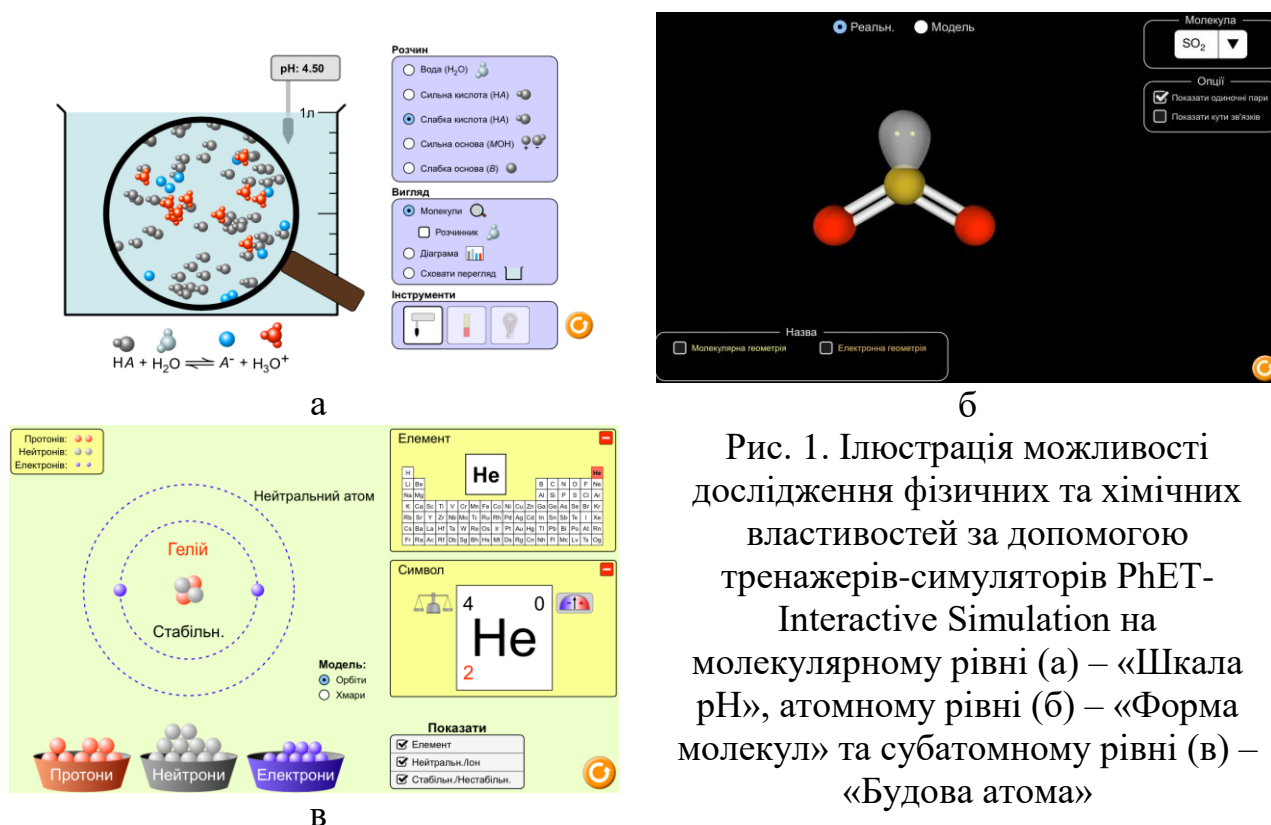


Рис. 1. Ілюстрація можливості дослідження фізичних та хімічних властивостей за допомогою тренажерів-симуляторів PhET–Interactive Simulation на молекулярному рівні (а) – «Шкала рН», атомному рівні (б) – «Форма молекул» та субатомному рівні (в) – «Будова атома»

Так, зокрема, вивчення теми «Будова атома» зводиться до запам'ятовування основних фактів та закономірностей. Це помітно знижує інтерес та результативність навчання. Проте, завдяки симуляціям PhET–Interactive Simulation стає можливим візуалізація будови атома на рівні елементарних частинок: протона, електрона та нейтрона. При проведенні такої інтерактивної віртуальної практичної роботи, відповідно до розробленого протоколу, студент із пасивного спостерігача перетворюється у активного експериментатора, що сприяє набути здатність застосовувати знання у практичних віртуальних задачах, здатність аналізувати,

узагальнювати, систематизувати інформацію та формулювати висновки із проведених експериментальних досліджень.

Для дослідження ефективності використання практичних робіт на PhET–Interactive Simulation для вивчення загальної хімії курсу «Загальна та неорганічна хімія», зокрема теми «Будова атома» було обрано 4 академічні групи, загальною кількістю 50 студентів. Групи було обрано на основі результатів зовнішнього незалежного оцінювання з хімії. Роботу на симуляторі PhET–Interactive Simulation було застосовано з метою рефлексії вивченого матеріалу. Студенти двох груп (25 студентів) під час практичного заняття виконували віртуальну практичну роботу на симуляторі, а інших двох (25 студентів) – виконували традиційні завдання для закріплення матеріалу. В кінці практичного заняття проведено контроль знань за допомогою тестових завдань на сервері дистанційного навчання MOODLE. Результати контролю рівня знань показано на рис. 2.

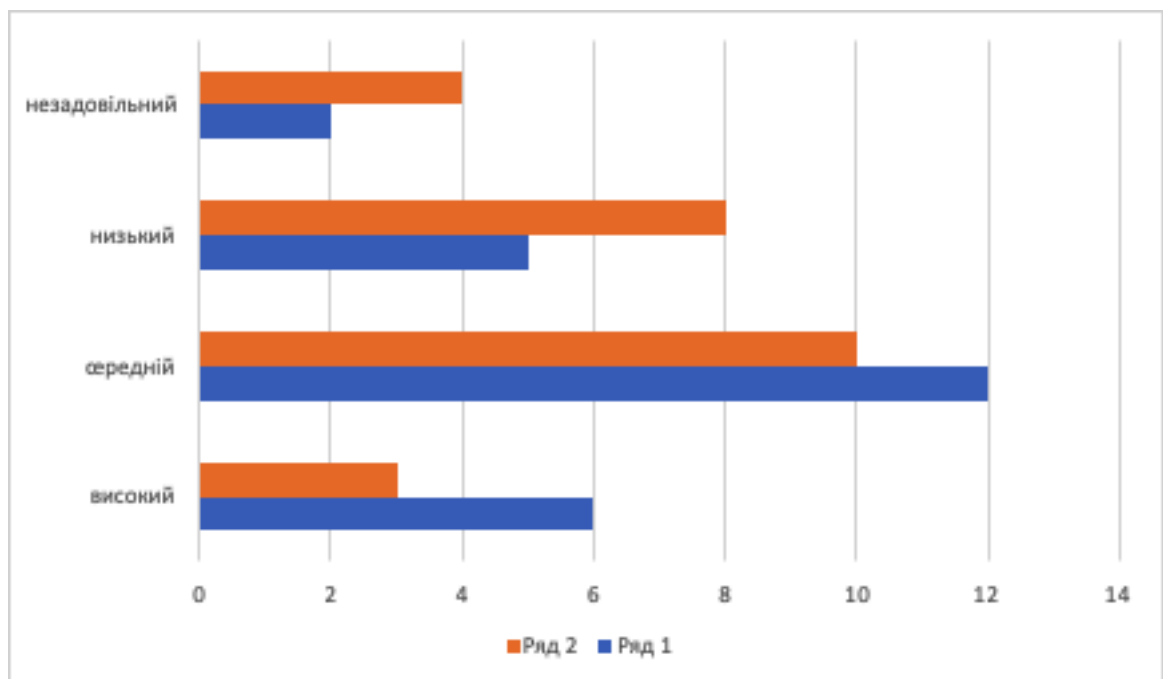


Рис. 2. Результати підсумкового тестового контролю: ряд 1 – студенти, які для рефлексії виконували завдання на тренажері PhET «Будуємо атом», ряд 2 – студенти, які для рефлексії виконували традиційні завдання.

Встановлено, що виконання практичних завдань на тренажері PhET–Interactive Simulation сприяє підвищенню якості знань до 72%, тоді як у референтних групах Використання віртуальних тренажерів Phet–Interactive Simulation при викладанні загальної хімії фармацевтам у закладах вищої освіти

цей показник становить 52%. Студенти відзначили такий інтерактивний засіб навчання цікавим та ефективним. Подібні результати підвищення якості знань отримано і для інших тем загальної хімії: «Ізотопи. Атомна маса», «Властивості газів», «Агрегатні стани речовини», «Концентрація розчинів», «Розчини кислот та основ», «Водневий показник. рН».

Апробація виконання віртуальних практичних робіт із застосуванням PhET симуляторів студентами-фармацевтами відповідно до розроблених протоколів та інструкцій з загальної хімії дала можливість сформулювати їх переваги та недоліки.

Переваги використання PhET симуляторів:

1. Завдяки розв'язанню навчально-дослідницьких завдань на комп'ютерних симуляторах відбувається активізація навчальної діяльності та формування пізнавальної мотивації студентів.

2. Можна легко впроваджувати у різні заняття (лекції, семінари, практичні заняття) та використовувати із різною метою (пояснення нового матеріалу, відпрацювання навичок та набуття вмінь, перевірка гіпотез та прогнозів, рефлексія, формування дослідницької компетенції).

3. Інформаційне, наукове, відкрите, освітнє середовище, контент якого подано за допомогою сучасних форм і засобів подання інформації.

4. Створюють можливість виконання віртуального експерименту, який в умовах університетської навчальної лабораторії неможливий (дослідження будови атома і ін.)

5. Студент має змогу самостійно ознайомитися з тренажером, планувати експеримент, висувати гіпотези, робити передбачення та прогнози, крім того, відпрацювати навички і підготуватись до виконання реального експерименту під час роботи у хімічній лабораторії.

6. Одночасна робота необмеженої кількості студентів (групове навчання).

7. Безкоштовне та безпечне середовище для проведення віртуальних експериментальних досліджень у будь-який час, з будь-якого смартфона та без попередньої реєстрації.

Щодо недоліків використання PhET симуляторів у навчальному процесі то їх є значно менше. Так, зокрема, вимагає наявності комп'ютерів або смартфонів, а також доступу до мережі Інтернет. Моделювання на симуляторах не може сформувати у студентів навичок роботи з реальним лабораторним обладнанням та устаткуванням.

Впровадження робіт на віртуальних тренажерах PhET–Interactive Simulation при викладанні загальної хімії показало свою ефективність для відпрацювання студентами вмінь та навичок і набуття компетенцій, які необхідні для опанування наступних хімічних дисциплін.

Висновки. Використання симуляцій PhET в освітньому середовищі – ефективний метод інтерактивного навчання, який сприяє покращенню засвоєння матеріалу як на традиційних лекціях і демонстраціях так і на практичних заняттях. Виконання практичних завдань на тренажері PhET–Interactive Simulation сприяє підвищенню якості знань. У студентів зростає пізнавальний інтерес до реального експерименту, розвиваються дослідницькі та експериментальні компетенції, зокрема, уміння спостерігати, виділяти головне, акцентувати увагу на головних деталях, обирати оптимальні алгоритми виконання експерименту. Симуляції PhET надають студентам можливість для роботи з навчальним матеріалом, проте, характер і ефективність навчання залежить не тільки від PhET, але й від того ким і де він використовується, як він інтегрований у навчання і за яких умов.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у впровадженні віртуальних практичних робіт на тренажерах PhET–Interactive Simulation в освітній процес підготовки фахівців другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої кваліфікації «Магістр фармації» заочної форми навчання з метою самостійного оволодіння освітньою програмою із загальної хімії.

Література

Domingues, L., Rocha, I., Dourado, F., Alves, M., Ferreira, E. (2010) Virtual laboratories in (bio)chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 5, 22–27. DOI:10.1016/j.ece.2010.02.001

- Martin-Villalba, C., Urquia, A., Dormido, S. (2012) Development of virtual-labs for education in chemical process control using Modelica. *Computers and Chemical Engineering*, 39, 170–178. DOI:10.1016/j.compchemeng.2011.10.010
 URL: <http://modelsience.com/products.html> Model ChemLab (Дата звернення: 22.03.2020)
- URL: <https://learning.ua> Найбільша освітня онлайн платформа (Дата звернення: 22.03.2020)
- URL: <https://phet.colorado.edu> Interactive Simulations for Science and Math (Дата звернення: 22.03.2020)
- Платонов, К. (1961) Психологические вопросы теории тренажеров. *Вопросы психологии*, 4, 77–86.
- Aldahmash, A., Abraham, M. (2009) Kinetic versus Static Visuals for Facilitating College Students' Understanding of Organic Reaction Mechanisms in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86, 442–1446. DOI:10.1021/ed086p1442
- Kelly, R., Akaygun, S. (2016) Insights into How Students Learn the Difference between a Weak Acid and a Strong Acid from Cartoon Tutorials Employing Visualizations. *Journal of Chemical Education*, 93, (6), 1010–1019. DOI:10.1021/acs.jchemed.6b00034
- Sanger, M., Campbell, E., Felker, J., Spencer, C. (2007) "Concept Learning versus Problem Solving": Does Particle Motion Have an Effect? *Journal of Chemical Education*, 84, 875–879. DOI:<https://doi.org/10.1021/ed084p875>
- Kelly, R., Jones, L. (2008) Investigating Students' Ability to Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process. *Journal of Chemical Education*, 2, 303–309. DOI:<https://doi.org/10.1021/ed085p303>
- Kozma, R. (2003) The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205–226. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00021-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00021-X)
- Schank, P., Kozma, R. (2002) Learning Chemistry Through the Use of a Representation-Based Knowledge Building Environment. *J. Com. Math. Sci. Teach.*, 21, 253–279.
- Chi, M., Feltovich, P., Glaser, R. (1981) Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
- Lancaster, K., Moore, E., Parson, R. (2013) Insights from Using PhET's Design Principles for Interactive Chemistry Simulations. *Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses. ACS Symposium Series. American Chemical Society: Washington, DC*, 97–126. DOI:10.1021/bk-2013-1142.ch005
- Kohl, P., Finkelstein, N. (2006) Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2, 010102. DOI:10.1103/PhysRevSTPER.2.010102
- Kelly, R., Jones, L. (2007) Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 413–429. DOI:10.1007/s10956-007-9065-3

References

- Domingues, L., Rocha, I., Dourado, F., Alves, M., Ferreira, E. (2010) Virtual laboratories in (bio)chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 5, 22–27. DOI:10.1016/j.ece.2010.02.001
- Martin-Villalba, C., Urquia, A., Dormido, S. (2012) Development of virtual-labs for education in chemical process control using Modelica. *Computers and Chemical Engineering*, 39, 170–178. DOI:10.1016/j.compchemeng.2011.10.010
URL: <http://modelscience.com/products.html> Model ChemLab (Accessed: 22- Mar- 2020)
- URL: <https://learning.ua> Najbiljsha osvितnja onlajn platforma [Online education platform] (Accessed: 22- Mar- 2020)
- URL: <https://phet.colorado.edu> Interactive Simulations for Science and Math (Accessed: 22- Mar- 2020)
- Platonov, K. (1961) Psykhologhycheskye voprosy teoryy trenazherov [Psychological issues of the theory of simulators]. *Voprosy psykholohyy*, 4, 77–86.
- Aldahmash, A., Abraham, M. (2009) Kinetic versus Static Visuals for Facilitating College Students' Understanding of Organic Reaction Mechanisms in Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86, 442–1446. DOI:10.1021/ed086p1442
- Kelly, R., Akaygun, S. (2016) Insights into How Students Learn the Difference between a Weak Acid and a Strong Acid from Cartoon Tutorials Employing Visualizations. *Journal of Chemical Education*, 93, (6), 1010–1019. DOI:10.1021/acs.jchemed.6b00034
- Sanger, M., Campbell, E., Felker, J., Spencer, C. (2007) "Concept Learning versus Problem Solving": Does Particle Motion Have an Effect? *Journal of Chemical Education*, 84, 875–879. DOI:<https://doi.org/10.1021/ed084p875>
- Kelly, R., Jones, L. (2008) Investigating Students' Ability to Transfer Ideas Learned from Molecular Animations of the Dissolution Process. *Journal of Chemical Education*, 2, 303–309. DOI:<https://doi.org/10.1021/ed085p303>
- Kozma, R. (2003) The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205–226. DOI:[https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00021-X](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00021-X)
- Schank, P., Kozma, R. (2002) Learning Chemistry Through the Use of a Representation-Based Knowledge Building Environment. *J. Com. Math. Sci. Teach.*, 21, 253–279.
- Chi, M., Feltovich, P., Glaser, R. (1981) Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152. DOI: https://doi.org/10.1207/s15516709cog0502_2
- Lancaster, K., Moore, E., Parson, R. (2013) Insights from Using PhET's Design Principles for Interactive Chemistry Simulations. *Pedagogic Roles of Animations and Simulations in Chemistry Courses. ACS Symposium Series. American Chemical Society: Washington, DC*, 97–126. DOI:10.1021/bk-2013-1142.ch005
- Kohl, P., Finkelstein, N. (2006) Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2, 010102. DOI:10.1103/PhysRevSTPER.2.010102

Kelly, R., Jones, L. (2007) Exploring How Different Features of Animations of Sodium Chloride Dissolution Affect Students' Explanations. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 413–429. DOI:10.1007/s10956-007-9065-3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ PhET–INTERACTIVE SIMULATION ДЛЯ ПРЕПОДАВАНИЯ ОБЩЕЙ ХИМИИ ФАРМАЦЕВТАМ У ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Галина Окрепка, кандидат химических наук, ассистент кафедры
медицинской и фармацевтической химии,

Буковинский государственный медицинский университет,
пл. Театральная, 2, 58000 Черновцы, Украина, okrepka@bsmu.edu.ua

На основе практического опыта рассмотрены проблемы и перспективы использования виртуальных тренажеров-симуляторов для повышения интерактивности учебных материалов при преподавании общей химии в высших учебных заведениях. Разработаны инструкции и студентами-фармацевтами апробированы выполнения виртуальных практических работ с применением симуляций PhET-Interactive Simulation. Сформулированы преимущества и недостатки внедрения в учебный процесс виртуальных практических работ по химии на тренажерах PhET–Interactive Simulation. Установлено, что выполнение практических заданий на симуляторе способствует повышению качественного показателя успеваемости, растет познавательный интерес к реальному эксперименту, развиваются исследовательские компетенции у студентов. Студенты приобретают навыки устанавливать причинно-следственные связи и связи материала, который изучается с повседневной жизнью и собственным опытом.

Ключевые слова: виртуальные тренажеры, симуляторы, общая химия, PhET–Interactive Simulation, успеваемость.

USING OF PhET–INTERACTIVE SIMULATION IN TEACHING OF GENERAL CHEMISTRY TO PHARMACEUTICAL STUDENTS IN HIGHER EDUCATION ESTABLISHMENT

Halyna Okrepka, PhD, Assistant Professor,
Bukovinian State Medical University,

2 Teatralna sq., 58000 Chernivtci, Ukraine, okrepka@bsmu.edu.ua

The problems and prospects of using virtual simulators for increasing the interactivity of educational materials in teaching general and inorganic chemistry in higher educational institutions are considered. The virtual practical works in general chemistry with the use of PhET's simulations by pharmacist students were tested in accordance with the developed protocols and instructions. The advantages and disadvantages of the virtual practical works on the PhET–Interactive Simulation (<http://phet.colorado.edu>) are formulated. Performing practical tasks on the PhET

simulators enhances the quality of knowledge. It is established that the use of PhET simulations is an effective method of interactive learning, which helps to improve the learning of material in both traditional lectures and demonstrations, as well as in practical classes. Students have a growing cognitive interest in real experiment, developing research and experimental competencies, in particular, the ability to formulate and ask questions, make predictions, use evidence to support ideas, focus on the main details, choose the optimal algorithms for the experiment, develop facility with commonly-used scientific representations and measurement tools, coordinate across scientific representations, science models, and real world situations. Students study to identify cause-effect relationships, make connections to everyday life. PhET simulations provide students with the opportunity to work with new material and develop further interest in science, however, the effectiveness of learning depends not only on the PhET, but also on whom and where it is used, how it is integrated into the learning process. PhET–Interactive Simulations are effective for students to develop the skills and competencies needed to master the following chemical disciplines.

Keywords: *general chemistry, simulators, virtual lab, PhET–Interactive Simulation, academic progress*

Стаття надійшла до редакції 05.03.2020

Прийнято до друку 27.08.2020