О. В. БОГАТИРЬОВА (<https://orcid.org/0000-0002-9640-8494>), канд. біол. наук, доцент,
Ю. П. ХОЛМОВОЙ (<https://orcid.org/0000-0003-2889-5603>), канд. хім. наук, доцент

Донецький національний медичний університет, м. Лиман

**ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА З АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ ДЛЯ
СТУДЕНТІВ-ФАРМАЦЕВТІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ**

Ключові слова: дистанційне навчання, фармацевтична освіта, віртуальна лабораторна робота, ацидиметрія, LabVIEW

Е. V. BOGATYREVA (<https://orcid.org/0000-0002-9640-8494>),

Yu. P. KHOLMOVOI (<https://orcid.org/0000-0003-2889-5603>)

Donetsk National Medical University, Liman

**VIRTUAL LAB ON ANALYTICAL CHEMISTRY FOR PHARMACY STUDENTS OF
DISTANCE LEARNING**

Key words: distance learning, pharmaceutical education, virtual lab work, acid-base titration, LabVIEW

Заочна форма навчання останнім часом набуває все більшої популярності завдяки низці переваг: низька вартість навчання (порівняно зі стаціонаром), відсутність вікових обмежень, можливість навчання без відриву від свого місця роботи і своєї сім'ї, виконання навчальних завдань за зручним для себе графіком та ін. [1]. Поряд з цими перевагами в заочному навчанні є низка обмежень: обмежена можливість безпосереднього спілкування з викладачем, в ході якого можна було б швидше засвоїти найскладніші питання курсу, відсутність можливості набуття навичок експериментальної роботи, якщо за місцем своєї роботи студент не пов'язаний із такою діяльністю. Невипадково більшість спеціальностей, за якими проводиться заочне навчання, належать до гуманітарних, економічних, юридичних та деяких технічних спеціальностей. Практично відсутнє заочне навчання з природничих та медичних спеціальностей, у ході вивчення яких невід'ємною частиною є лабораторний практикум. Програма навчання студентів-фармацевтів заочного відділення містить низку таких дисциплін, зокрема хімічних. Одна з них – аналітична хімія. Більшість студентів-заочників, будучи працівниками аптек, за родом своєї діяльності не виконують хіміко-аналітичних робіт. Всі ці недоліки заочного навчання та інші, вже відмічені в [2], підтверджують необхідність перетворення заочної форми навчання в дистанційну.

Освоюючи теоретичні основи дисципліни, студенти дистанційної форми навчання позбавлені можливості отримувати навички практичної лабораторної роботи. Вирішити цю проблему, хоча б частково, могли б віртуальні лабораторні роботи.

Зараз віртуальні лабораторні роботи набули поширення під час вивчення технічних дисциплін [3]. Також у багатьох країнах вважають ефективним у разі вивчення хімії поєднання реальних та віртуальних лабораторних робіт навіть у школах [4, 5]. Є дослідження, в яких аналізують успішність технології віртуальної лабораторії у підготовці до екзаменаційної сесії власне студентами-хіміками дистанційної форми навчання [6].

Віртуальні лабораторні роботи, що описано в цих статтях, побудовано на основі мультимедійних технологій (звук, відео, анімації, презентації та інші візуальні ефекти).

Кислотно-основне титрування є одним з основних методів кількісного аналізу речовин. Цей метод широко застосовують у тому числі і в фармацевтичній хімії для

визначення вмісту лікарських засобів – похідних амінокислот та інших органічних кислот [7]. Тому нами було обрано саме цей метод для моделювання віртуальної лабораторної роботи як одного із самостійних завдань під час підготовки студентів-фармацевтів заочного відділення до сесії.

Мета цієї роботи – створення комп’ютерної програми, яка могла б не тільки візуально моделювати процес кислотно-основного титрування, але з наступним завданням для студента – визначенням обсягу титранта і розрахунком концентрації речовини, що досліджують у віртуальній пробі.

Матеріали та методи дослідження

Віртуальну лабораторну роботу «Кислотно-основне титрування (сильна кислота – сильна основа)» було розроблено в пакеті LabVIEW12 (National Instruments, США) [8].

Результати дослідження та обговорення

Файл віртуальної лабораторної роботи разом з усіма навчальними матеріалами викладач відправляє по електронній пошті старостам груп, які, в свою чергу, розсилають його всім студентам своєї групи (один файл на всіх).

У разі відкриття файлу лабораторної роботи з’являється лицьова панель віртуального приладу. На ній зображено схему установки для титрування, а також низку вікон індикаторів, в яких буде відображатися інформація, відповідна підписам, і екран віртуального монітора, на якому буде відображатися крива титрування (рис. 1).

Рис. 1. Стартова панель віртуальної лабораторної роботи

Після натискання білої кнопки запуску програми (угорі ліворуч) на екрані з’являється вікно персональних даних (рис. 2), в якому студент має записати свої дані. При цьому номер за списком визначає номер варіанта. Всього в програмі передбачено 10 варіантів: різні проби (NaOH , KOH , HCl , H_2SO_4) із різними концентраціями (на панелі концентрації, звісно, не відображаються), різні титранти (відповідно до проби).

Рис. 2. Панель персональних даних

Після натискання клавіші «ОК» у вікні персональних даних починається процес віртуального титрування (рис. 3). На панелі віртуального приладу відображаються введені персональні дані студента, номер його варіанта, проба, її об'єм, титрант, його об'єм і концентрація. Програма передбачає виникнення непередбачених для студента обставин (виробничих або побутових), коли той буде змушений зупинити лабораторну роботу. Для цього він має натиснути на кнопку «СТОП», яка також з'являється на панелі. Натискання на неї дає змогу закрити файл. Але потім студенту доведеться починати все з самого початку.

Рис. 3. Початок віртуального процесу титрування

У момент початку титрування проба набуває забарвлення, відповідне кольору індикатора (фенолфталеїн). На моніторі з'являється крива титрування. У динаміці процесу титрування спостерігається також падіння крапель титранта в стаканчик із пробою, а в точці еквівалентності – зміна забарвлення проби.

По завершенні процесу титрування під віртуальним монітором з'являється клавіша «Показати першу похідну», натискання на яку призводить до заміни віртуального монітора «Крива титрування» на монітор «Перша похідна» (рис. 4), на якому відображена перша похідна $[\Delta pH/\Delta V = f(V)]$. Під монітором з'являється клавіша «Розгорнути».

Рис. 4. Відображення першої похідної

Натискання на цю клавішу призводить до збільшення масштабу графіка по осі «Об'єм титранта» (рис. 5) із метою визначення об'єму титранта з необхідною точністю ($\pm 0,1$ мл). На графіку з'являється вертикальний пунктирний курсор, поруч з яким з'являється просторово пов'язане з курсором вікно індикатора, що відображає об'єм титранта, на який вказує курсор на осі «Об'єм титранта».

Рис. 5. Збільшення масштабу графіка

Переміщаючи вертикальний курсор уздовж цієї осі, студент поєднує його з екстремумом на графіку і таким чином визначає шуканий об'єм титранта, який пішов на титрування проби.

Ця процедура докладно описана в текстовому вікні під монітором. За об'ємом титранта студент розраховує концентрацію луку (або кислоти – залежно від варіанта), робить фотографію екрана (одночасним натисканням клавіш «Shift» + «Print Screen») і вставляє в свій звіт із розрахунками. Потім, натиснувши на клавішу «Закінчити роботу», закриває файл, складає звіт про виконану роботу і відправляє його у встановлені терміни по електронній пошті викладачеві для перевірки.

Час виконання віртуальної лабораторної роботи становить близько 2,5 хв (сам процес віртуального титрування – 1 хв 20 с). Вона була апробована в ході дистанційної лабораторної роботи в режимі on-line, проведеної для двох груп стаціонару (всього 19 студентів) у 2 семестрі поточного навчального року в зв'язку з карантинном і введенням дистанційного навчання. Всі студенти успішно впоралися з цим завданням, причому питань або затримок із виконанням ні у кого не виникало.

Таким чином, описана лабораторна робота дає змогу студенту спостерігати за формуванням кривої титрування і подальшим її перетворенням, а надалі освоїти оброблення результатів титрування. Розроблення аналогічних віртуальних лабораторних робіт по іншим методам кількісного аналізу (зокрема і по інструментальним) дасть змогу сформувати віртуальний лабораторний практикум, який, поряд із контрольними роботами, що містять теоретичні питання і розрахункові завдання, дасть змогу підвищити рівень підготовки студентів-фармацевтів і, в кінцевому підсумку, включити його в робочу навчальну програму дисципліни та перейти до дистанційної форми навчання.

Висновки

1. Засобами пакета LabVIEW12 розроблено комп'ютерну програму за темою «Кислотно-основне титрування (сильна кислота – сильна основа)». Послідовно описано і проілюстровано роботу програми.

2. Програма дає змогу студенту спостерігати за формуванням кривої титрування і подальшим її перетворенням, а надалі засвоїти оброблення результатів титрування.

3. Програма може бути використана як віртуальна лабораторна робота для студентів-фармацевтів дистанційної форми навчання.

Список використаної літератури

1. Заочное обучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn----7sbeocain4befbc5etch.mcdvo.com.ua/>
2. Галій Л. В., Серолян Т. М. Впровадження дистанційної форми навчання у фармацевтичну освіту (на прикладі національного фармацевтичного університету) // Фармац. часопис. – 2017. – № 3. – С. 112–117. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2017.3.7869>
3. Мазур М. П., Яновський М. Л. Віртуальні інтерактивні навчальні засоби – майбутнє дистанційного навчання для інженерних напрямів // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 1 (46). – С. 280–285.
4. Herga N. R., Čagran B., Dinevski D. Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualization for Better Understanding of Chemistry in Primary School // Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Ed. – 2016. – V. 12 (3). – P. 593–608. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a>
5. Hodges G. W., Wang L., Lee J., Cohen A., Jang Y. An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms // Computers & Education. – 2018. – V. 122, July. – P. 179–193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.003>
6. Dalgarno B., Bishop A. G., Adlong W., Bedgood D. R. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students // Computers & Education. – 2009. – V. 53, N 3 (November). – P. 853–865. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.005>
7. Фармацевтична хімія: Підручник для студ. вищ. фармац. навч. закл. і фармац. ф-тів вищ. мед. навч. закл. III–IV рівнів акредитації / За заг. ред. П. О. Безуглого. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 560 с.
8. Тревис Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

References

1. Zaochnoie obucheniie [E'lektronny'j resurs]. – Rezhim dostupa: <http://xn----7sbeocain4befbc5etch.mcdvo.com.ua/>
2. Galii L. V., Seropian T. M. Vprovadzhennia dystantsiinoi formy navchannia u farmatsevtichnu osvitu (na prykladi natsionalnogo farmatsevtichnogo universytetu) // *Farmats. chasopys.* – 2017. – № 3, – S. 112–117. <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2017.3.7869>
3. Mazur M. P., Yanodskii M. L. Virtualni interaktyvni navchalni zasoby – maibutne lystantsiinogo navchannia dlia inzhenernykh napriamiv // *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovyshch.* – 2013. – № 1 (46). – S. 280–285.
4. Herga N. R., Čagran B., Dinevski D. Virtual Laboratory in the Role of Dynamic Visualization for Better Understanding of Chemistry in Primary School // *Eurasia J. Math. Sci. & Tech. Ed.* – 2016. – V. 12 (3). – P. 593–608. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1224a>
5. Hodges G. W., Wang L., Lee J., Cohen A., Jang Y. An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms // *Computers & Education.* – 2018. – V. 122, July. – P. 179–193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.003>
6. Dalgarno B., Bishop A. G., Adlong W., Bedgood D. R. Effectiveness of a Virtual Laboratory as a preparatory resource for Distance Education chemistry students // *Computers & Education.* – 2009. – V. 53, N 3 (November). – P. 853–865. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.005>
7. *Farmatsevtichna khimii: Pidruchnyk dlia stud. vyshch. farmats. navch. zakl. i farmats. f-tiv vyshch. med. navch. zakl. III–IV rivniv akredytatsii / Za zag. red. P. O. Bezuglogo.* – Vinnitsa, Nova knyga, 2008. – 560 s.
8. Trevis J. *LabVIEW dlia vsekh.* – M.: DMK Press; PriborKomplekt, 2005. – 544 c.

Надійшла до редакції 5 липня 2020 р.

Прийнято до друку 24 липня 2020 р.

О. В. Богатирьова (<https://orcid.org/0000-0002-9640-8494>),

Ю. П. Холмовой (<https://orcid.org/0000-0003-2889-5603>)

Донецкий национальный медицинский университет, м. Лиман

ВІРТУАЛЬНА ЛАБОРАТОРНА РОБОТА З АНАЛІТИЧНОЇ ХІМІЇ ДЛЯ СТУДЕНТІВ-ФАРМАЦЕВТІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ

Ключові слова: дистанційне навчання, фармацевтична освіта, віртуальна лабораторна робота, ацидиметрія, LabVIEW

А Н О Т А Ц І Я

Заочна форма навчання поряд із певними перевагами має низку недоліків, серед яких відсутність можливості придбання навичок експериментальної роботи. Студенти-фармацевти заочної форми навчання мають вивчити низку хімічних дисциплін, зокрема аналітичну хімію. Вирішити проблему відсутності лабораторного практикуму хоча б частково могли б віртуальні лабораторні роботи. Віртуальні лабораторні роботи з хімії, що описані в літературі, побудовані на основі мультимедійних технологій (звук, відео, анімації, презентації та інші візуальні ефекти).

Мета цієї роботи – створення комп'ютерної програми, яка могла б не тільки візуально моделювати процес кислотно-основного титрування, але і сформувати завдання для студента – визначення об'єму титранта і розрахунок концентрації речовини, що визначають, у віртуальній пробі.

Віртуальну лабораторну роботу було розроблено в пакеті LabVIEW12 (National Instruments, США).

Файл віртуальної лабораторної роботи разом з усіма навчальними матеріалами отримують по електронній пошті всі студенти. У разі відкриття файлу лабораторної роботи на лицьовій панелі віртуального приладу зображено схему установки для титрування, вікна індикаторів для відображення інформації і екран віртуального монітора для відображення кривої титрування. Далі програма проводить студента через такі етапи: реєстрація персональних даних і визначення варіанта, візуалізація процесу титрування і формування кривої титрування, відображення першої похідної кривої титрування, збільшення масштабу графіка і визначення об'єму титранта в точці еквівалентності. Всі процедури докладно пояснюються по ходу виконання роботи. Закінчивши роботу, студент робить фотографію екрана, вставляє її в свій звіт із розрахунками і відправляє його у встановлені терміни по електронній пошті викладачеві для перевірки.

Таким чином, описана лабораторна робота дає змогу студенту спостерігати за формуванням кривої титрування і подальшим її перетворенням, а також засвоїти оброблення результатів титру-

вання. Розроблення аналогічних віртуальних лабораторних робіт по іншим методам кількісного аналізу дасть змогу сформувати повноцінний віртуальний лабораторний практикум, який може підвищити рівень підготовки студентів-фармацевтів і, в кінцевому підсумку, перейти до дистанційної форми навчання.

Е. В. Богатырева (<https://orcid.org/0000-0002-9640-8494>),

Ю. П. Холмовой (<https://orcid.org/0000-0003-2889-5603>)

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ФАРМАЦЕВТОВ ДИСТАНЦИОННОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Донецкий национальный медицинский университет, г. Лиман

Ключевые слова: дистанционное обучение, фармацевтическое образование, виртуальная лабораторная работа, кислотно-основное титрование, LabVIEW

АННОТАЦИЯ

Заочная форма обучения наряду с определенными преимуществами имеет ряд недостатков, среди которых отсутствие возможности приобретения навыков экспериментальной работы. Студенты-фармацевты заочной формы обучения должны пройти изучение ряда химических дисциплин, в том числе аналитической химии. Решить проблему отсутствия лабораторного практикума хотя бы частично могли бы виртуальные лабораторные работы. Виртуальные лабораторные работы по химии, описанные в литературе, построены на основе мультимедийных технологий (звук, видео, анимации, презентации и другие визуальные эффекты).

Цель настоящей работы – создание компьютерной программы, которая могла бы не только визуально моделировать процесс кислотно-основного титрования, но и сформировать задание для студента – определение объема титранта и расчет концентрации определяемого вещества в виртуальной пробе.

Виртуальная лабораторная работа была разработана в пакете LabVIEW12 (National Instruments, США).

Файл виртуальной лабораторной работы вместе со всеми учебными материалами получают по электронной почте все студенты. При открытии файла лабораторной работы на лицевой панели виртуального прибора изображены схема установки для титрования, ряд окон индикаторов для отображения информации и экран виртуального монитора для отображения кривой титрования. Затем программа проводит студента через следующие этапы: регистрация персональных данных и определение варианта, визуализация процесса титрования и формирование кривой титрования, отображение первой производной кривой титрования, увеличение масштаба графика и определение объема титранта в точке эквивалентности. Все процедуры подробно объясняются по ходу выполнения работы. Закончив работу, студент делает фотографию экрана, вставляет ее в свой отчет с расчетами и отправляет его в установленные сроки по электронной почте преподавателю для проверки.

Таким образом, описанная лабораторная работа позволяет студенту наблюдать за формированием кривой титрования и последующим ее преобразованием, а также усвоить обработку результатов титрования. Разработка аналогичных виртуальных лабораторных работ по другим методам количественного анализа позволит сформировать полноценный виртуальный лабораторный практикум, который может повысить уровень подготовки студентов-фармацевтов и, в конечном итоге, перейти к дистанционной формы обучения.

E. V. Bogatyrova (<https://orcid.org/0000-0002-9640-8494>),

Yu. P. Kholmovoi (<https://orcid.org/0000-0003-2889-5603>)

VIRTUAL LAB ON ANALYTICAL CHEMISTRY FOR PHARMACY STUDENTS OF DISTANCE LEARNING.

Donetsk National Medical University, Liman

Key words: distance learning, pharmaceutical education, virtual lab work, acid-base titration, LabVIEW

A B S T R A C T

Extramural education along with certain advantages has some disadvantages, including the lack of the possibility of acquiring experimental work skills. Pharmacy students of correspondence courses should study a number of chemical disciplines, including analytical chemistry. Virtual labs could solve the problem of lack of laboratory training, at least partially. Virtual laboratory works on chemistry, described in the literature, are built on the basis of multimedia technologies (audio, video, animations, presentations and other visual effects).

The purpose of this work is the creation of a computer program that would not only visually simulate the process of acid-base titration, but also create a task for a student, i.e. – definition of titrant volume and calculation the concentration of an analyte in a virtual sample.

Virtual laboratory work was developed in the LabVIEW12 package (National Instruments, USA).

A file of virtual laboratory work along with all educational materials is received via e-mail by all students. When you open the laboratory work file, the front panel of the virtual instrument shows the setup for titration, a series of indicator windows for displaying information, and a virtual monitor screen for displaying the titration curve. Then the program guides the student through the following steps: registration of personal data and definition embodiment, visualization of titration and formation of the titration curve, mapping the first derivative of the titration curve, increasing the scale of the graph and determining the volume of titrant at the equivalence point. After finishing the task, the student makes a print-screen, inserts it into his report with the calculations and sends it to the teacher via e-mail for verification in a timely manner.

Thus, the described laboratory work allows the student to observe the formation of the titration curve and its subsequent transformation, as well as to master the processing of titration results. Development of virtual laboratory works similar to other methods for quantitative analysis will form a complete virtual laboratory practice, which can increase the level of training of pharmacy students and eventually move to distance learning.

Електронна адреса для листування з авторами: mychim_156@ukr.net

(Холмовой Ю. П.)