

УДК 53:[378.018.43:004](045)

Подласов Сергій Олександрович

старший викладач кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID ID 000-0002-3947-4401
s.podlasov@kpi.ua

Матвійчук Олексій Васильович

кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри загальної фізики та моделювання фізичних процесів
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, Україна
ORCID ID 0000-0002-4732-9677
o.matviychuk@kpi.ua

ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ФІЗИКИ В ТЕХНІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ ПІД ЧАС ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

Анотація. Підготовка інженерних кадрів у технічному університеті передбачає не тільки оволодіння студентами теоретичними знаннями, але й набуття вмінь проводити експериментальні дослідження. Основа таких умінь закладається при виконанні студентами лабораторних робіт. Необхідність соціального дистанціювання під час пандемії Covid-19 змусила навчальні заклади перейти на дистанційну форму проведення всіх занять, зокрема й лабораторних занять з фізики.

Проведення лабораторних занять з фізики в режимі синхронного дистанційного навчання вимагає наявності комп'ютерних програм, які адекватно моделюють реальне лабораторне обладнання, матеріалів, необхідних для підготовки та контролю готовності студентів до виконання лабораторних досліджень із врахуванням їх експериментаторського досвіду, а також методики проведення лабораторних занять онлайн.

У статті проаналізовані різновиди програмної реалізації лабораторних робіт, вимоги до комп'ютерних моделей реальних лабораторних робіт та обґрунтовано застосування мови HTML5 та Java Script для створення віртуальних лабораторних робіт (ВЛР) з фізики для студентів першого курсу всіх технічних спеціальностей, які навчаються за програмою підготовки бакалаврів у Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Експертне оцінювання засвідчило відповідність створених ВЛР реальним прототипам, що є важливим для сприйняття студентами віртуальних об'єктів подібними до реальних. У роботі також стисло описана процедура розробки ВЛР, створені дидактичні матеріали (методичні вказівки, відеофільми, тестові завдання) та методика проведення лабораторних занять у режимі синхронного дистанційного навчання.

Застосування створених ВЛР та розробленої методики проведення лабораторних занять онлайн дозволило достатньо успішно подолати труднощі організації навчального процесу під час вимушеного переходу студентів на дистанційне навчання.

Ключові слова: фізика; дистанційне навчання; віртуальні лабораторні роботи.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Курс загальної фізики в технічному університеті є базисом для підготовки майбутніх інженерів. Її вивчення закладає фундамент для подальшого вивчення спеціальних дисциплін і сприяє розвитку форм мислення, необхідних для плідної інженерної діяльності.

Особливе місце в навчанні фізики посідають лабораторні роботи. Їх підготовка та виконання студентами сприяє формуванню у них універсальних інтелектуальних та практичних умінь, дозволяє набути досвід експериментальних досліджень, а також

розвиває такі якості особистості: самостійність, акуратність, уміння переносити набуті знання та способи діяльності на нові ситуації. Первинні дослідницькі вміння, якими оволодівають студенти першого курсу при роботі в лабораторії, будуть удосконалюватись під час подальшого навчання і стануть однією з важливих складових професійної кваліфікації інженера. Здатність і готовність інженера вирішувати проблеми дослідницького характеру є однією з вимог Міжнародного інженерного альянсу та Європейської федерації інженерних асоціацій до кваліфікації фахівця.

Необхідність самоізоляції і введення карантинних обмежень під час пандемії Covid-19 унеможливила роботу студентів денної форми навчання безпосередньо в лабораторіях. Це поставило перед викладачами закладів вищої освіти проблему пошуку методів за засобів організації навчального процесу, зокрема проведення лабораторних занять з фізики в режимі синхронного дистанційного навчання з використанням можливостей інформаційних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології знаходять широке застосування для підтримки навчального процесу, зокрема організації онлайн-лабораторій. Методичні основи ІКТ у системі фізичного експерименту розглядалися Л.І. Анціферовим, С.П. Величком, Ю.А. Вороніним, І.Б. Горбуновим, В.А. Извозчиковим, С.В. Степановим, А.В. Смирновим та іншими вченими. Роль і місце віртуальної фізичної лабораторії в науці та інженерній освіті визначається в роботі Т. de Jong та ін. [1].

Основними аргументами на користь застосування онлайн-лабораторій найчастіше бувають економічні та організаційні: відсутність витрат на придбання обладнання і підтримки його в робочому стані, безпечність виконання робіт, можливість повторювати дослід до повного усвідомлення студентом сутності явища або методики дослідження, можливість виконання роботи студентом самостійно в зручний час і в зручному місці, необмежену кількість студентів, котрі можуть одночасно працювати, можливість моделювати процеси, які складно спостерігати в реальних експериментах [2], [3]. Педагогічні дослідження свідчать про ефективність застосування онлайн-лабораторій у навчальному процесі. Так, у роботі Slobodianuk та ін. [4] на прикладі створеної авторами лабораторної роботи показано, що її застосування в навчальному процесі формує предметні компетентності з фізики та зумовлює позитивні зміни у ставленні студентів до її вивчення. У роботах [3], [5], [6] показано, що в результаті застосування різних програмних продуктів для моделювання фізичних процесів підвищується якість знань студентів, формуються необхідні предметні знання та вміння, покращується розуміння фізичних концепцій. На думку Crandall et al. [7], Panasiuk O. et al. [8], M Usman et al. [9], віртуальні лабораторні роботи (ВЛР) можна застосовувати для повної заміни реальних лабораторних робіт.

Поряд із значними дидактичними перевагами онлайн-лабораторії мають і ряд недоліків. На думку А. І. Салтикової та О. М. Завражної [10], головним недоліком є те, що за відсутності реальних дій у студентів не формуються вміння працювати з реальними приладами, здатність оцінити вплив зовнішніх факторів на результати вимірювань. Такої ж думки дотримуються й інші дослідники. Наприклад, J. Ma та J. V. Nickerson [11] вважають, що онлайн-лабораторії можуть ідеально доповнювати теоретичні курси, але не можуть замінити реальні лабораторні роботи і надати студентам необхідного експериментаторського досвіду.

Після введення карантину з огляду на Covid-19 лабораторні роботи онлайн стали розглядати як єдиний засіб для формування вмінь студентів проводити наукові дослідження [12]. Тому перед викладачами постає дилема: вибрати лабораторні роботи з існуючих у віртуальному просторі чи створити власні комп'ютерні моделі, які відповідають навчальним програмам підготовки фахівців у даному закладі освіти. З

метою спрощення вибору викладачами програмних продуктів для проведення лабораторних занять з фізики онлайн в роботах [5], [8], [13], [13] проаналізовані наявні ресурси для забезпечення фізичних практикумів.

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених застосуванню в навчальному процесі ВЛР (у бібліографічній та реферативній базі Scopus за запитом за ключовими словами «virtual lab» пропонується 7156 посилань, а на запит «virtual lab physics» – 308. Поки залишається недостатньо висвітленим питання організації та проведення лабораторних занять з фізики в режимі синхронного дистанційного навчання студентів технічного університету.

Метою статті є аналіз вимог до віртуальних лабораторних робіт з фізики, вивчення можливості використання для організації дистанційного навчання наявних у вільному доступі в Інтернеті віртуальних лабораторних робіт, опис створених дидактичних матеріалів та методики їх застосування для проведення лабораторних занять із студентами технічного університету під час вимушеного переходу в режим синхронного дистанційного навчання.

2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Лабораторні заняття онлайн можуть проходити у формі демонстраційного, чисельного або віртуального експерименту.

Демонстраційний експеримент – скрінкастинг (див., наприклад [15]), коли з використанням Інтернету демонструється виконання реальної лабораторної роботи або її запис, а студенти занотовують результати і здійснюють обробку даних.

Чисельний (обчислювальний) експеримент – це експеримент над математичною моделлю фізичного об'єкта (без залучення лабораторного обладнання), який проводиться за допомогою комп'ютера. При його виконанні за одними параметрами обчислюються інші, за необхідності будуються графіки і робляться висновки про властивості об'єкта, який описується даною математичною моделлю. Однак інженерна освіта – це підготовка фахівців-практиків, які повинні мати навички проведення експерименту та роботи з вимірювальними приладами. При застосуванні чисельного моделювання, так само як і скрінкастингу, студенти не виконують дослідів власноруч, отже, у них не відбувається формування практичних умінь, необхідних майбутньому інженеру відповідно до освітньо-професійних програм, на чому наголошують Т. С. Pereira та ін [16]. Чисельний та демонстраційний експеримент найбільш доцільно застосовувати в теоретичних курсах для демонстрації проявів фізичних законів.

Віртуальний експеримент (віртуальна лабораторна робота) – це програмно-апаратний комплекс, який дозволяє проводити досліді без безпосереднього контакту з експериментальною установкою або при її повній відсутності [17]. У першому випадку кажуть про лабораторний дослід з віддаленим доступом, у другому – моделювання реального експерименту за допомогою комп'ютера. Таке моделювання є однією з форм обчислювального експерименту, але в ньому комп'ютер відтворює інтерфейс реального лабораторного обладнання і відповідно до математичної моделі реагує на дії дослідника (змінює покази приладів, рухає об'єкти тощо). Такі роботи, у яких комп'ютер імітує реальні експериментальні установки, ще називають симуляторами.

Віртуальна лабораторна робота з віддаленим доступом передбачає роботу студента з реальним обладнанням, елементи керування яким моделюються на екрані комп'ютера. Найбільш відомим програмним середовищем для створення таких робіт є LabView фірми National Instruments. Лабораторні роботи з фізики за програмою підготовки бакалаврів для студентів першого курсу всіх інженерних спеціальностей технічного університету найчастіше не передбачають лабораторного обладнання з

дистанційним керуванням, тому під віртуальною лабораторною роботою будемо розуміти комп'ютерну імітацію реальної лабораторної роботи (симулятор).

Зараз у всьому світі існує достатньо велика кількість комплектів ВЛР з фізики, створених у різних програмних середовищах. Серед них найбільш відомими є добірка робіт Phet, створена в університеті Колорадо [18], Open Source Physics [19], Merlot Virtual Lab [20], добірка ВЛР Мадридського технічного університету [21] та багато інших. Можливість їх використання для організації лабораторних занять у технічному університеті обмежується декількома причинами: 1) невідповідність змісту лабораторних робіт програмі підготовки бакалаврів у технічному університеті; 2) обмеження для сторонніх осіб доступу до лабораторних робіт або необхідність придбання ліцензії; 3) необхідність наявності у користувачів програвачів відповідних програмних продуктів; 4) невідповідність інтерфейсу ВЛР реальним роботам, наявним у лабораторіях університету.

Вказані обмеження змусили нас створити власну добірку ВЛР, які повинні відповідати таким вимогам.

По-перше, виконання ВЛР, так само як і реальних лабораторних робіт, повинно формувати в студентів елементи експериментаторської компетентності: усвідомлення логіки проведення експериментальних досліджень, вміння працювати з приладами та обробляти експериментальні результати. Для цього зовнішній вигляд ВЛР, методика її виконання та результати, які одержують студенти, повинні бути максимально подібні до реальних. У такому разі сприйняття віртуальних об'єктів стає близьким до сприйняття реальних, що дозволить у майбутньому застосовувати набуті вміння при роботі з реальним обладнанням.

Найбільшу подібність реальних та віртуальних лабораторних робіт можна одержати, використовуючи технологію віртуальної або доповненої реальності чи 3d-графіки. Щоправда, створення ВЛР з використанням цих технологій вимагає значного часу, фінансових ресурсів та застосування ліцензійного програмного забезпечення, а також співпраці висококваліфікованих фахівців з програмування та комп'ютерної графіки з методистами-предметниками. Найчастіше 3d-графіку використовують для створення ВЛР з біології, медицини та хімії, що ж стосується фізики, то 3d-графіку вітчизняні та зарубіжні фірми також використовують для створення ВЛР, але всі вони мають достатньо велику ціну за ліцензію (див., наприклад, <http://labster.com>, <http://yenka.com> та ін.) або ж є власністю розробників (університетів) і закриті для сторонніх користувачів.

По-друге, студенти повинні мати змогу виконувати ВЛР, використовуючи наявні у них пристрої: комп'ютери, планшети, смартфони, кожен з яких може мати власну операційну систему. Тому для виконання роботи, на нашу думку, достатньо наявності у пристрої користувача Інтернет-браузера. Крім того, виконання ВЛР не повинно вимагати встановлення додаткового програмного забезпечення – програвача (як це необхідно для програм, створених, наприклад, у середовищі LabView).

По-третє, створювані ВЛР повинні мати відкритий доступ і мінімальну вартість розробки.

Усі ці вимоги можуть бути виконані при застосуванні вебтехнології – HTML, CSS, JavaScript (зауважимо, що розробники відомого проекту PhET поступово переносять свої флеш-анімації в HTML5). Саме тому найбільш оптимальним для створення ВЛР ми вважаємо застосування саме HTML5, який дозволяє створювати елементи керування відповідно до потреб лабораторної роботи (кнопки, вікнця вводу-виводу інформації тощо) та має елемент Canvas, на якому можна розміщувати рухомі об'єкти і керувати їх поведінкою засобами мови програмування JavaScript.

Написання коду програми ВЛР з використанням HTML5 і Java Script не вимагає наявності ліцензійних програмних продуктів, достатньо мати будь-який редактор html коду, наприклад, безплатний Notepad++. Крім того в Інтернеті наявна велика кількість бібліотек анімації з використанням JavaScript (див., наприклад, [22]), довідкових матеріалів і навіть спеціальної програмної оболонки для створення симуляцій Easy Java/Javascript Simulations [23], що дозволяє створювати програми навіть непрофесіоналам у програмуванні. Графічні об'єкти, відповідно до сценарію лабораторної роботи, можна створювати в будь-якому графічному редакторі.

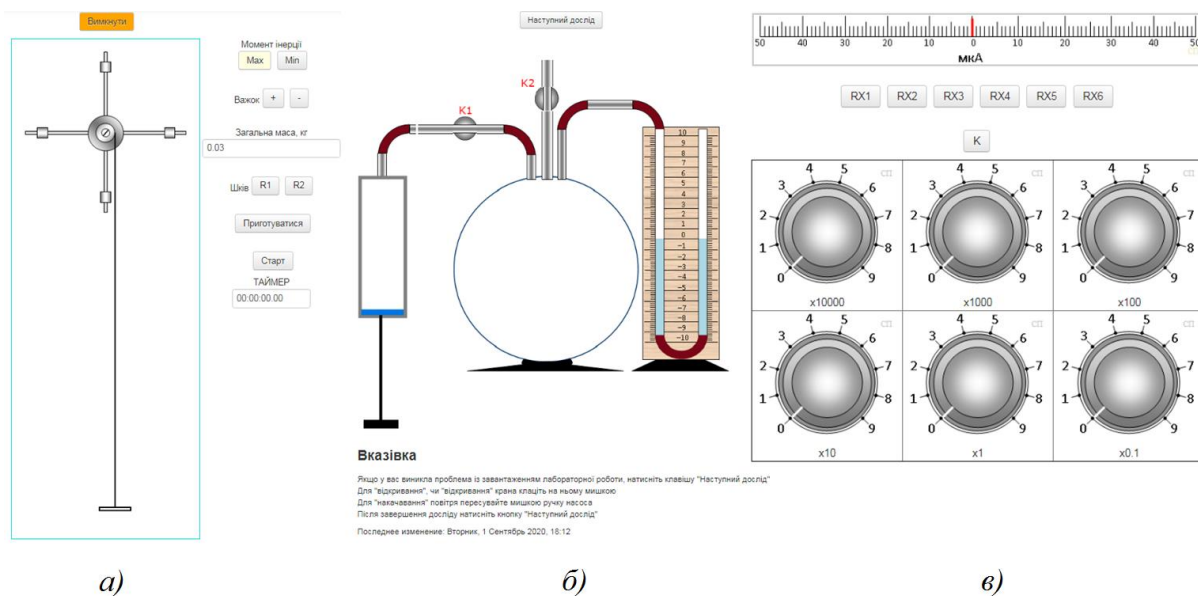


Рис. 1. Інтерфейс віртуальних лабораторних робіт

- а) вивчення законів динаміки твердого тіла за допомогою маятника Обербека;
 б) визначення відношення молярних теплоємностей C_p/C_v методом Клемана-Дезорма;
 в) визначення опор резистора мостовим методом.

При створенні лабораторних робіт з використанням HTML5 та Java Script спочатку нами була проаналізована методика виконання реальних лабораторних робіт і визначені елементи лабораторної установки, які повинні відображатися на екрані комп'ютера: кнопки, регулятори, вимірювальні прилади тощо, а також проаналізована реакція програми ВЛР на дії користувача. Відповідно до цього були створені графічні елементи та написаний програмний код. Інтерфейс деяких ВЛР показаний на рис. 1.

Для забезпечення індивідуалізації виконання робіт студентами у кодї програми передбачений випадковий набір параметрів віртуальної експериментальної установки та випадкові відхилення «показів» віртуальних приладів. Останнє необхідне також для того, щоб студенти навчались обчислювати похибки результатів вимірювань.

Створені ВЛР з розділів «Механіка», «Молекулярна фізика і термодинаміка», «Електрика і магнетизм», «Коливання», «Хвильова та квантова оптика», «Атомна фізика» розміщені на сайті <http://physics.zfftt.kpi.ua> в середовищі Moodle і доступні зареєстрованим користувачам. Якість створених віртуальних лабораторних робіт визначалась за результатами анонімного експертного опитування. Експертами були викладачі фізики НТУУ КПІ (28 осіб), котрі проводили лабораторні заняття. Нас цікавило питання: наскільки створені віртуальні лабораторні роботи відповідають реальним. Розподіл відповідей представлений у таблиці:

Повністю відповідають	75 %
Частково відповідають	18 %
Частково не відповідають	7 %
Повністю не відповідають	0 %

Одним з важливих завдань синхронного дистанційного навчання є максимальне наближення його до традиційного аудиторного навчання. Тому організація та проведення дистанційних занять є практично таким же, як і аудиторних. Основні відмінності між ними полягають у джерелі експериментальних даних та в способі взаємодії викладача зі студентами.

Виконання студентами завдань лабораторної роботи складається з чотирьох добре відомих етапів: 1) самостійна робота з підготовки до лабораторної роботи; 2) виконання лабораторної роботи; 3) опрацювання експериментальних результатів та оформлення звіту; 4) захист та здача звіту одержаних результатів. Таку організацію роботи, певною мірою, можна вважати прообразом моделі перевернутого класу змішаного навчання.

Метою самостійної роботи студентів з підготовки до лабораторної роботи є усвідомлення зв'язку теорії з її проявами в експерименті, а також ознайомлення з методикою дослідження. Така робота передбачає попереднє вивчення/повторення теоретичного матеріалу; ознайомлення з описом приладів, що використовуються в роботі, та послідовністю проведення вимірювань. Крім того, студенти готують протокол для майбутніх досліджень і здійснюють самоперевірку готовності до виконання лабораторної роботи за результатами виконання тестових завдань.

Усі матеріали, необхідні для підготовки студентів до лабораторних робіт, розміщені на нашому сайті <http://physics.zffft.kpi.ua> в середовищі LMS Moodle: теоретичні відомості, описання лабораторних робіт та контрольні матеріали. Теоретичні відомості та описання лабораторних робіт мають вільний доступ, контрольні матеріали доступні для зареєстрованих користувачів.

При виборі форми та засобів організації підготовки студентів слід враховувати їх попередній експериментаторський досвід. Як показали наші спостереження, найбільш складним для студентів виявляється оволодіння методикою проведення досліджень. Це стосується як реального, так і віртуального експериментів. За результатами опитування студентів набору 2020 року, приблизно 60 % виконували реальний експеримент до введення карантину. Після введення карантину тільки близько 15 % опитаних, під час навчання у 11-му класі, спостерігали демонстраційні експерименти, а в решти лабораторний практикум замінювався іншими видами занять. Тож, студенти набору 2020 року практично не мали досвіду виконання віртуальних лабораторних робіт і далеко не всі мали досвід проведення реального експерименту. Тому для підготовки до лабораторних занять, окрім друкованих вказівок, з використанням програми IceCream Screen recorder, нами були підготовлені відеофільми, які демонструють основні дії при виконанні ВЛР. Ці фільми розміщені на каналі You Tube (див., наприклад, https://www.youtube.com/watch?v=PB_oGPpvi10), а посилання на них на сайті physics.zffft.kpi.ua. За свідченнями студентів, перегляд цих фільмів суттєво полегшував роботу з віртуальними макетами.

Для самоконтролю та для контролю готовності студентів до лабораторної роботи до кожної з них були складені завдання для перевірки: знань теорії, методики експерименту, застосування вимірювальних приладів, обробки одержаних результатів. Ці завдання завантажувались у відповідні категорії LMS Moodle. Кожна категорія містить 10-12 завдань з приблизно однаковим індексом легкості, який визначається засобами математичного пакету, вбудованому в Moodle. З цих завдань Moodle формує тест, індивідуальний для кожного студента. Оцінки, одержані за попереднє тестування

(самоконтроль) та тестування під час онлайн-занять, враховуються при визначенні рейтингового балу кожного студента.

Етап виконання лабораторної роботи в режимі онлайн можна організувати так, що студенти виконують «вимірювання» безпосередньо на занятті або ж напередодні. Вибір тієї чи іншої організації роботи визначається викладачем, зважаючи на кількість студентів у групі, попередній експериментаторський досвід студентів тощо. При будь-якій формі викладач контролює одержані «експериментальні» дані та обізнаність студента з методикою вимірювань та приладами. Другий спосіб ми вважаємо більш раціональним, оскільки він дозволяє приділити більше часу спілкуванню викладача із студентами.

Етап опрацювання експериментальних результатів та оформлення звіту здійснюється студентами самостійно. Для встановлення міжпредметних зв'язків фізики та інформатики ми пропонуємо студентам використати можливості MS Excel або ж скласти програму для обробки експериментальних даних та побудови графіків, скориставшись вільно поширюваним математичним пакетом, наприклад, SciLab, SMath Studio.

Етап захисту та здачі звіту результатів виконання роботи проводиться під час заняття з використанням програм вебінарів Zoom або Google Meet. Кожен студент повинен продемонструвати остаточно оформлену лабораторну роботу, виявити володіння теоретичним матеріалом та вміння обґрунтувати свої висновки за результатами дослідження. При необхідності здійснення певних записів одночасно з програмою вебінару можна скористатися віртуальною дошкою, наприклад, IDroo, Google JamBoard або вбудованою дошкою Zoom. Після захисту студенти завантажують протокол роботи на зберігання в Google Class Room. Одержані студентами оцінки викладач виставляє в базу обліку навчальних досягнень студентів <http://ecampus.kpi.ua>.



Рис. 2. Розподіл відповідей на запитання: «Чи можуть віртуальні лабораторні роботи повністю замінити реальні лабораторні роботи з фізики»

проводилось у березні 2021 року (рис.2). У той же час 72 % опитаних студентів впевнені, що змогли б безпомилково виконати реальну лабораторну роботу після виконання віртуальної.

Досвід, набутий під час карантину, показав, що в екстраординарних ситуаціях використана методика проведення лабораторних занять у режимі синхронного дистанційного навчання з використанням віртуальних тренажерів певною мірою може замінити роботу студентів з реальним обладнанням. Водночас студенти набувають уявлення про фізичний експеримент і певні експериментаторські навички. Але ці навички відрізняються від тих, які б були набуті при роботі з реальними приладами. Це прекрасно усвідомлюють не тільки викладачі, а й переважна частина студентів. Про це свідчать результати опитування студентів НТУУ «КПІ» (334 особи), яке

5. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У статті розглянуто один з варіантів організації лабораторного практикуму онлайн в технічному університеті в умовах вимушеного дистанційного навчання. На початковому етапі було вивчено можливості застосування наявних у вільному доступі в Інтернеті віртуальних лабораторних робіт і зроблений висновок про їх невідповідність навчальним планам підготовки бакалаврів у технічному університеті та обмежені можливості їх застосування. З огляду на необхідність термінової організації лабораторних занять з фізики і врахувавши те, що віртуальні лабораторні роботи повинні бути кросплатформеними (щоб студенти могли їх виконувати на пристроях з різними операційними системами), максимально подібним до реальних і мати мінімальну вартість розробки, була створена добірка віртуальних робіт із застосуванням HTML5 та Java Script.

У статті розкриваються деякі аспекти методики проведення лабораторних занять у режимі синхронного дистанційного навчання з використанням розроблених нами ВЛР, а також програмних засобів Google Meet (for Education), IDroo, Google Classroom та кампусу НТУУ КПІ. Результати опитування студентів та викладачів КПІ ім. Ігоря Сікорського, які працювали з ВЛР та використовували запропоновану нами технологію проведення синхронних дистанційних лабораторних занять у 2020/21 навчальному році, показали свою дієвість та дозволили успішно подолати виклики, зумовлені пандемією Covid-19.

Перспективу подальших досліджень вбачаємо в адаптації методичних розробок до організації навчального процесу після скасування карантинних обмежень та в системі дистанційного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] T. de Jong, M. C. Linn, and Z. C. Zacharia, "Physical and virtual laboratories in science and engineering education" *Science*, vol. 340, no. 6130, pp. 305-308, 2013. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://users.gw.utwente.nl/jong/dejonglinnzacharia%20science.pdf>. Дата звернення: травень 19, 2022.
- [2] W-K. Wong, K-P. Chen, and H-M. Chang, "A comparison of a virtual lab and a microcomputer-based lab for scientific modeling by college students", *Journal of Baltic Science Education*, vol.19, no 1, 157-173, 2020. doi: <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.157>. Дата звернення: травень 19, 2022.
- [3] G. Hamed, and A. Aljanazrah, "The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab", *Journal of Information Technology Education: Research*, v. 19, pp. 977 – 996, 2020. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/347383426_The_Effectiveness_of_Using_Virtual_Experiments_on_Students'_Learning_in_the_General_Physics_Lab. Дата звернення: травень 19, 2022.
- [4] O. V. Slobodyanyk, V. P. Fedorenko, V. O. Bolilyi, V. I. Dmytruk, and V. V. Kushnarov, "Research of the efficiency of using software products for simulation of physical processes", *Information Technologies and Learning Tools*, vol.82, no.2, 199–214? 2021. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v82i2.4107>.
- [5] A. E. Kiv, O. V. Merzlykin, Y. O. Modlo, P. P. Nechypurenko, and I. Yu. Topolova, "The overview of software for computer simulations in profile physics learning". *6th Workshop on Cloud Technologies in Education*, СТЕ 2018Кривий Ріг 21 December 2018; *Педагогіка вищої та середньої школи*. Випуск 52. С. 153–165, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/2146>. Дата звернення: травня 12, 2022.
- [6] S. J. Husnaini, and S. Chen, "Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment", *Physical Review Physics Education Research*, vol. 15, no. 1, p. 010119 – 1-16, 2019. doi: 10.1103/physrevphyseducres.15.010119. Дата звернення: травень 12, 2022.
- [7] P. G. Crandall, C. A. O'Bryan, S. A. Killian, D. E. Beck, N. Jarvis, and E. Clausen, "A comparison of the degree of student satisfaction using a simulation or a traditional Wet Lab to teach physical properties of ice", *Journal of Food Science Education*, vol.14, no 1, pp. 24-29, 2015. doi: <https://doi.org/10.1111/1541-4329.12049>. Дата звернення: травень 6, 2022.

- [8] O. Panasiuk, L. Akimova, O. Kuznietsova and I. Panasiuk, "Virtual Laboratories for Engineering Education, 2021" in *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, pp. 637-641, 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9548567>. Дата звернення: травень 19, 2022.
- [9] M. Usman, Suyanta, K. Huda, "Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the COVID-19 pandemic". *Journal of Physics: Conference Series*, Volume 1882, pp. 1 – 8, 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1882/1/012126/pdf>. Дата звернення: квітень 24, 2022.
- [10] А. І. Салтикова, О. М. Завражна, "Позитивні та негативні аспекти використання віртуальних лабораторних робіт під час навчання фізики в закладах вищої освіти". *Розвиток інтелектуальних умінь і творчих здібностей учнів та студентів у процесі навчання дисциплін природничо-математичного циклу «ІТМ*плюс – 2020»: матеріали III Міжнародної дистанційної науково-методичної конференції (квітень - травень 2020 р., м. Суми): Суми, 2020, с.97-98*
- [11] J. Ma, and J. V. Nickerson, "Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review", *ACM Computing Surveys*, vol. 38 Issue 32006 pp 7–es. doi: <https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>.
- [12] C-C. Liu et al., "Augmenting the effect of virtual labs with "teacher demonstration" and "student critique" instructional designs to scaffold the development of scientific literacy", *Instr Sci*, vol.50, pp.303-333, 2022. doi: <https://doi.org/10.1007/s11251-021-09571-4>.
- [13] J. Sáenz, L. de la Torre, J. Chacón and S. Dormido, "A Study of Strategies for Developing Online Laboratories," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 14, no. 6, pp. 777-787, 2021. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9693237>. doi: 10.1109/TLT.2022.3145807. Дата звернення: квітень 10, 2022.
- [14] А. П. Кудін та А. О. Юрченко, "Програмне забезпечення реальних фізичних практикумів". *Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка*, вип. 21, –С. 248-251, 2015.
- [15] S. J. Suhonen, anf J. A. Tiili, "Engineering physics laboratory work during lockdown – how and what?" *Proceedings - SEFI 49th Annual Conference: Blended Learning in Engineering Education: Challenging, Enlightening - and Lasting?*, 2021, pp. 1278 – 1285. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122912845&partnerID=40&md5=657d48afab35f25ee8188a046ef2f3b3>. Дата звернення: квітень 28, 2022.
- [16] T. C. Pereira, F. Soares, E. Costa, and H. Santos, "Virtual Lab Virtues in Distance Learning". In: Mesquita, A., Abreu, A., Carvalho, J.V. (eds) *Perspectives and Trends in Education and Technology. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 256, Springer, Singapore, 2022. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-16-5063-5_77.
- [17] А. В. Трухин, "Об использовании виртуальных лабораторий в образовании". *Открытое и дистанционное образование*, № 4 (8), с. 81-82, 2002.
- [18] PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://phet.colorado.edu/>. Дата звернення: квітень 7, 2022.
- [19] Open Source Physics. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.compadre.org/osp/>. Дата звернення: квітень 2, 2022.
- [20] Virtual Labs. Merlot. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://virtuallabs.merlot.org/>. Дата звернення: квітень 11, 2022.
- [21] D. Fernandez-Aviles, D. Dotor, D. Contreras, J.C. Salazar, "Virtual labs: a new tool in the Education", *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. UNED, Madrid, Spain, February 2016. [Електронний ресурс]. Доступно: https://www.researchgate.net/publication/301529564_Virtual_labs_A_new_tool_in_the_education_Experience_of_Technical_University_of_Madrid. Дата звернення: квітень 15, 2022.
- [22] Б. Мирченко, "8 бесплатных JavaScript-библиотек анимации: работа с текстом, SVG и геометрическими фигурами". [Електронний ресурс]. Доступно: <https://highload.today/8-besplatnyh-javascript-bibliotek-animatsii-rabota-s-tekstom-svg-i-geometricheskimi-figurami/>. Дата звернення: квітень 29, 2022.
- [23] EJS Home Page. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://www.um.es/fem/EjsWiki/Main/HomePage>. Дата звернення: травень, 12, 2022.

Матеріал надійшов до редакції 19.05.2022р.

PARTICULARITIES OF PHYSICS LABORATORY WORK CONDUCTING AT THE TECHNICAL UNIVERSITY DURING DISTANCE LEARNING

Serhii O. Podlasov

Senior Lecturer at the Department of the General Physics and Modeling of Physical Processes
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 000-0002-3947-4401
s.podlasov@kpi.ua

Oleksii V. Matviichuk

PhD of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of the General Physics and Modeling of Physical Processes
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-4732-9677
o.matviychuk@kpi.ua

Abstract. The training of an engineer at a technical university involves not only the mastering the theoretical knowledge by students, but also the acquisition of the ability to conduct the experimental research. The performance of laboratory work is the basis of such skills. Necessary social distancing during the Covid-19 pandemic forced educational institutions to switch to a distant form for all kinds of classes, including physics labs.

Conducting laboratory physics classes in synchronous distance learning mode requires the availability of computer programs that adequately model real laboratory equipment, materials for preparing and monitoring students' readiness to perform laboratory research, as well as methodic for conducting online laboratory classes.

In this article we analyze the types of labs, the requirements for computer models of real physics labs and justify the use of the HTML5 and Java Script language to create virtual laboratories (VL) in physics for first-year students of all technical specialties studying under the bachelor's training program at the National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». The expert evaluation showed the correspondence of the created VL to real prototypes. It is important for bringing the students' perception of virtual objects closer to the perception of real ones. We also briefly describes the procedure for developing VL, created didactic materials (methodological guidelines, videos, test items) and the methodology laboratory classes in synchronous distance learning mode.

The use of the created VL and the developed methodology for conducting online laboratory exercises made it possible to overcome successfully the difficulties of organizing the educational process during the forced transition of students to distance learning.

Keywords: physics; distance learning; virtual laboratory.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] T. de Jong, M. C. Linn, and Z. C. Zacharia, "Physical and virtual laboratories in science and engineering education" *Science*, vol. 340, no. 6130, pp. 305-308, 2013. [Online]. Available: <https://users.gw.utwente.nl/jong/dejonglinnzacharia%20science.pdf>. Accessed on: 19 May 2022. (in English).
- [2] W-K. Wong, K-P. Chen, and H-M. Chang, "A comparison of a virtual lab and a microcomputer-based lab for scientific modeling by college students", *Journal of Baltic Science Education*, vol.19, no 1, 157-173, 2020. doi: <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.157>. Accessed on: 19 May 2022. (in English).
- [3] G. Hamed, and A. Aljanazah, "The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab", *Journal of Information Technology Education: Research*, v. 19, pp. 977-996, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/347383426_The_Effectiveness_of_Using_Virtual_Experiments_on_Students'_Learning_in_the_General_Physics_Lab. Accessed on: 19 May 2022. (in English).
- [4] O. V. Slobodyanyk, V. P. Fedorenko, V. O. Bolilyi, V. I. Dmytruk, and V. V. Kushnarov, "Research of the efficiency of using software products for simulation of physical processes", *Information Technologies and Learning Tools*, vol.82, no.2, 199–214, 2021. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v82i2.4107>. (in English).
- [5] A. E. Kiv, O. V. Merzlykin, Y. O. Modlo, P. P. Nechypurenko, and I. Yu. Topolova, "The overview of software for computer simulations in profile physics learning". *6th Workshop on Cloud Technologies in Education*, CTE 2018Kryvyi Rih 21 December 2018; *Pedagogy of higher and secondary school*, vol. 52. pp. 153–165, 2019. [Online]. Available: <http://ds.knu.edu.ua/jspui/handle/123456789/2146>. Accessed on: 12 May 2022. (in English)
- [6] S. J. Husnaini, and S. Chen, "Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment", *Physical Review Physics*

- Education Research*, vol. 15, no. 1, pp.1-16, 2019. doi: 10.1103/physrevphyseducres.15.010119 Accessed on: 19 May 2022. (in English)
- [7] P. G. Crandall, C. A. O'Bryan, S. A. Killian, D. E. Beck, N. Jarvis, and E. Clausen, "A comparison of the degree of student satisfaction using a simulation or a traditional Wet Lab to teach physical properties of ice", *Journal of Food Science Education*, vol.14, no 1, pp. 24-29, 2015. doi:<https://doi.org/10.1111/1541-4329.12049>. Accessed on: 6 May 2022. (in English)
- [8] O. Panasiuk, L. Akimova, O. Kuznietsova and I. Panasiuk, "Virtual Laboratories for Engineering Education, 2021" in *11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, pp. 637-641, 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9548567>. Accessed on: 19 May 2022. (in English).
- [9] M. Usman, Suyanta, K. Huda. "Virtual lab as distance learning media to enhance student's science process skill during the COVID-19 pandemic". *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1882, pp. 1-8, 2021. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1882/1/012126/meta>. Accessed on: 24 Apr 2022. (in English).
- [10] A. I. Saltykova, O. M. Zavrzhna, «Positive and negative aspects of the use of virtual laboratory work in teaching physics in higher education». *Development of intellectual skills and creative abilities of pupils and students in the process of teaching natural sciences and mathematics. «ITM*plus – 2020»: materials of the III International remote scientific-methodical conference: Sumy, 2020*, pp.97-98. (in Ukrainian).
- [11] J. Ma, and J. V. Nickerson, "Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review", *ACM Computing Surveys*, vol. 38 Issue 32006 pp 7–es. doi:<https://doi.org/10.1145/1132960.1132961>. (in English).
- [12] C-C. Liu et al. "Augmenting the effect of virtual labs with "teacher demonstration" and "student critique" instructional designs to scaffold the development of scientific literacy", *Instr Sci*, vol.50, pp.303-333, 2022. doi:<https://doi.org/10.1007/s11251-021-09571-4>. (in English).
- [13] J. Sáenz, L. de la Torre, J. Chacón and S. Dormido, "A Study of Strategies for Developing Online Laboratories," in *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 14, no. 6, pp. 777-787, 2021. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9693237>. Accessed on: Apr 10, 2022. (in English).
- [14] A. P. Kudin ta A. O. Yurchenko, "Software for real physical workshops " *Collection of scientific works of Kamyanets-Podilsky Ivan Ogiienko National University*, nb. 21, pp. 248-251, 2015. (in Ukrainian).
- [15] S. J. Suhonen, anf J. A. Tiili, "Engineering physics laboratory work during lockdown – how and what?" *Proceedings - SEFI 49th Annual Conference: Blended Learning in Engineering Education: Challenging, Enlightening - and Lasting?*, 2021, pp. 1278 – 1285. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122912845&partnerID=40&md5=657d48afab35f25ee8188a046ef2f3b3>. Accessed on: Apr 28, 2022.
- [16] T. C. Pereira, F. Soares, E. Costa, and H. Santos, "Virtual Lab Virtues in Distance Learning". In: Mesquita, A., Abreu, A., Carvalho, J.V. (eds) *Perspectives and Trends in Education and Technology. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol. 256, Springer, Singapore, 2022. doi:https://doi.org/10.1007/978-981-16-5063-5_77. (in English).
- [17] A. V. Trukhyn, "On the use of virtual laboratories in education" *Open and distance education*, № 4 (8), pp. 81-82, 2002. (in Russian).
- [18] PhET: Free online physics, chemistry, biology, earth science and math simulations. [Online]. Available: <https://phet.colorado.edu/>. Accessed on: Apr. 2, 2022. (in English).
- [19] Open Source Physics [Online]. Available: <https://www.compadre.org/osp/>. Accessed on: Apr. 7, 2022. (in English).
- [20] Virtual Labs. Merlot [Online]. Available: <https://virtuallabs.merlot.org/>. Accessed on: Apr.11, 2022. (in English).
- [21] D. Fernandez-Aviles, D. Dotor, D. Contreras, J.C. Salazar, "Virtual labs: a new tool in the Education", *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*. UNED, Madrid, Spain, February 2016. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/301529564_Virtual_labs_A_new_tool_in_the_education_Experience_of_Technical_University_of_Madrid. Accessed on: Apr.15, 2022. (in English).
- [22] B. Myrchenko, "8 free JavaScript animation libraries: work with text, SVG and geometric shapes". [Online]. Available: <https://highload.today/8-besplatnyh-javascript-bibliotek-animatsii-rabota-s-tekstom-svg-i-geometricheskimi-figurami/>. Accessed on: Apr.29, 2022. (in Russian).
- [23] EJS Home Page. [Online]. Available: <https://www.um.es/fem/EjsWiki/Main/HomePage>. Accessed on: May. 12, 2022. (in English).

