

А. П. Кудін¹, А. О. Юрченко²

¹Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова
²Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка
 e-mail: kudin@npu.edu.ua, a.yurchenko@fizmatsspu.sumy.ua

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕАЛЬНИХ ФІЗИЧНИХ ЛАБОРАТОРНИХ ПРАКТИКУМІВ

Стаття буде цікавою для розробників програмного забезпечення реальних лабораторних практикумів з фізики як у вищих навчальних закладах, так і в школі. В статті проаналізовано різні підходи до визначення терміну «цифрова лабораторія», зроблено огляд найпоширеніших цифрових лабораторій та акцентовано увагу на комплексі цифрової лабораторії FourierEdu. Обґрунтовано потребу у вивченні майбутніми вчителями фізики цифрових фізичних лабораторій та зазначено про актуальність розробки відповідного методичного забезпечення на рівні педагогічного університету та загальноосвітнього навчального закладу. Зазначено позитивні сторони цифрових лабораторій у фізичному експерименті і їх відмінність від віртуальних лабораторій. Показано, що використання сучасних цифрових лабораторій виступає ефективним способом активізації дослідницької діяльності. Описана необхідність ознайомлення майбутніх вчителів фізики з сучасними цифровими лабораторіями.

Ключові слова: цифрова лабораторія, фізичний лабораторний практикум, інформатизація освіти, FourierEdu, програмне забезпечення.

Постановка проблеми. Інформатизація суспільства зумовила глибоке проникнення інформаційних технологій в освітню галузь. Принципово змінився не лише матеріально-технічний рівень забезпечення навчання різних предметів, а і з'явилися нові інформаційні засоби, які по своїй суті дозволяють організувати моделювання, емуляцію та експеримент і не вимагають при цьому додаткового спеціального обладнання. До таких засобів у галузі фізики відносяться віртуальні і цифрові фізичні лабораторії, які наразі цікавлять не лише фізиків-науковців, а й дослідників у галузі педагогічних наук.

Зазвичай, віртуальні лабораторії спрямовані на вироблення навичок в таких галузях, де реальне виконання досліджень вимагає значних затрат матеріалів, електроенергії, часу, наявності складного обладнання, значних грошових витрат або виявляє фактор небезпечно впливу на дослідника [14]. Цифрові лабораторії не є заміною процесу виконання досліджень, а є реальною частиною фізичної установки реального фізичного явища. Вони дають можливість більш точно, більш наочно і правильніше виконати ту чи іншу лабораторну роботу.

Їх поява стала можливою завдяки активному і повсюдному використанню комп'ютерної техніки та розвитку інтерактивного програмного забезпечення, яке покликане унаочнювати демонстрації різних фізичних процесів, моделювати досліди та опрацьовувати результати в автоматизованому режимі.

Використання цифрових лабораторій (ЦЛ) дозволяє отримати уявлення про суміжні освітні області: інформаційні технології; сучасне обладнання дослідної лабораторії; математичні функції і графіки, математична обробка експериментальних даних, статистика, наближені обчислення; методика проведення досліджень, складання звітів, презентація виконаної роботи.

З часом на лабораторних столах у ВНЗ і школах стає все менше і менше вітчизняного старого обладнання і установок для дослідження фізичних явищ та проведення фізичних демонстрацій і експериментів. Їх замінюють сучасні прилади або цілі комплекси приладів, що об'єднуються в міні-лабораторії. Впровадження сучасного обладнання у освітній процес забезпечує вирішення завдань модернізації навчальної бази та інформатизації освіти, поставлених у «Національній стратегії розвитку освіти в Україні на 2012-2021 роки» [15] та з 2011 року у «Концепції Державної цільової соціальної програми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти» [12] у якій зазначалося про необхідність підготовки вчителів природничо-математичних предметів і впровадження у навчальний процес сучасних інформаційно-комунікативних технологій та оснащення навчальних кабінетів хімії, біології, фізики, географії, математики сучасним обладнанням (апаратура, прилади, пристрої, пристосування тощо), що сприятиме зміцненню матеріально-технічної бази загальноосвітніх навчальних закладів. Виходячи із державної програми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти можна стверджувати, що для майбутніх вчителів фізики є

актуальним знайомство з сучасними експериментальними установками та цифровими лабораторіями.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз науково-методичної літератури, періодичних видань та інтернет-джерел стосовно використання терміну «цифрова лабораторія» дозволяє стверджувати, що під ЦЛ розуміють сукупність спеціальної цифрової техніки та відповідного програмного забезпечення для її використання та подальшого опрацювання «знятих» результатів.

На підтвердження цього наведемо кілька подібних визначень.

Визначення «цифрова лабораторія» за Максютією С.С.: «Нове покоління шкільних природничо-наукових лабораторій, призначених для проведення фронтальних і демонстраційних дослідів, для організації навчальних досліджень і дослідницьких практик» [2]. Заболотний В.Ф. та Лаврова А.В. трактують термін ЦЛ як сучасна універсальна комп'ютеризована лабораторна система, яка використовується для проведення широкого спектру досліджень, демонстрацій, лабораторних робіт з фізики, хімії та біології тощо [5].

Подібні визначення ЦЛ можна зустріти також в [4; 10; 11].

Згадані означення ЦЛ давалися з урахуваннями використання засобу у шкільному навчанні фізики. Це дозволяє говорити про актуальність проблеми формування умінь використовувати такі ЦЛ вчителями фізики, що зумовило необхідність знайомства з ними студентів відповідних спеціальностей вищих навчальних закладів. Усвідомлюючи таку потребу, у НПУ ім. М.П. Драгоманова розпочато роботу з впровадження у навчальний процес підготовки фізиків-бакалаврів однієї з провідних на сьогоднішній день ЦЛ FourierEdu на базі програмного забезпечення Multilab.

Метою роботи є ознайомлення із найпоширенішими цифровими фізичними лабораторіями, їх комплектацією, в тому числі, програмним забезпеченням та можливостями його застосування.

Виклад основного матеріалу. Загалом, наразі у світі нараховується велика кількість різноманітних ЦЛ. Вони призначені не тільки для експериментів і лабораторних дослідів під час вивчення явищ та законів фізики, а й для досліджень при вивченні біології, географії, хімії тощо.

Перші покоління ЦЛ були розраховані тільки на лабораторні роботи для учнів. У їх основу входили КПК Palm M130 і вимірювальні інтерфейси (ресстратори даних) ImagiWorks (рис. 1). Наступні, більш сучасні версії лабораторій дозволяють проводити і демонстраційний експеримент, а також дають можливість розмішувати дані і результати обробки в інформаційне середовище, у тому числі, і середовища дистанційного навчання або інформаційні засоби навчання [1].

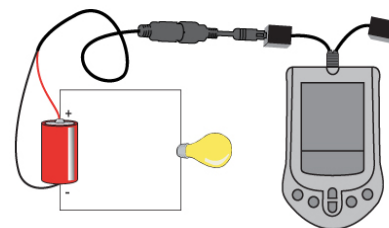


Рис. 1. ЦЛ на основі КПК Palm M130



Рис. 2. Реєстратор даних ЦЛ «Einstein»

Серед популярних лабораторій згадаємо наступні. Серед популярних лабораторій згадаємо наступні. Цифрова лабораторія «Einstein» (рис. 2) передбачає використання різних цифрових датчиків, за допомогою яких можна проводити широкий спектр досліджень, демонстраційних і лабораторних робіт, а також здійснювати науково-дослідні проекти, що сприяють вирішенню міжпредметних завдань. Програмне забезпечення для аналізу експериментальних даних є простим, зручним, інтуїтивно зрозумілим школярам інтерфейс. Як зазначено у [9], задану ЦЛ з успіхом використовують для проведення шкільних лабораторних робіт та досліджень під час експедицій у позашкільний час.



Рис. 3. ЦЛ «LabDisc»

Мобільна природничо-наукова лабораторія «LabDisc» (рис. 3) з мультисенсорним реєстратором даних для проведення експериментів у курсах природничих наук у початковій і середній школі. У ЦЛ «LabDisc» передбачено використання інструменту автоматичного тестування і калібрування усіх датчиків, внаслідок чого вимірювання можуть початися вже у момент його включення. ЦЛ не є прив'язаною до певного програмного забезпечення, а всі результати вимірів зберігає у собі. ЦЛ «LabDisc» використовується в навчальних закладах країн Європи [13].



Рис. 4. Мобільний пристрій SPARK, ЦЛ «Pasco»

ЦЛ «Pasco» є високотехнологічною науковою лабораторією, широкий спектр обладнання якої дозволяє викладачеві та учням за допомогою високочотних датчиків демонструвати і проводити досліди з фізики, хімії, біології, географії, екології, а також ряд наукових експериментів в рамках університетської програми з фізики [3]. Основним елементом ЦЛ «Pasco» є мобільний пристрій SPARK Science Learning System (рис. 4). За допомогою мобільного пристрою можна знімати показання з датчиків «Pasco», візуалізувати отримані дані і проводити аналіз цих даних. За час існування ЦЛ «Pasco» активними користувачами пристроїв стали шкільні вчителі, викладачі вузів, школярі та студенти з більш ніж 80 країн світу.



Рис. 5. Планшет ЦЛ «Relab Inside»

Класична ЦЛ «Relab» за своїми параметрами поділяється на три типи. ЦЛ «Relab Standart» датчики якої підключаються безпосередньо до планшета, персонального комп'ютера або ноутбука без додаткових пристроїв (реєстраторів). «Relab Inside» – ЦЛ з вбудованими датчиками. Цифрова лабораторія являє собою блок, з планшетом на базі ОС Android та інтегрованими в корпус вимірювальними приладами (рис. 5). «Relab Point» – лабораторія на базі мультидатчика, який поставляється у форм-факторі стандартних вимірювальних пристроїв Relab, але фактично містить від двох до восьми датчиків усередині корпусу. Такий підхід дозволяє розмістити в одному пристрої цільний набір датчиків [6].

ЦЛ «L-мікро» є єдиним експериментальним середовищем, об'єднуючи демонстраційне обладнання і набори для лабораторних робіт та практикуму. Його ядром є персональний комп'ютер з вимірювальним блоком (рис. 6). Комп'ютерний вимірювальний комплекс доповнюється цифровими вимірювачами. Сьогодні, вивчення методики проведення демонстраційного експерименту на ЦЛ «L-мікро» входить в програму навчання студентів ВНЗ і слухачів кур-

сів підвищення кваліфікації регіональних інститутів підвищення кваліфікації працівників освіти [16].

Програмно-апаратний комплекс для демонстраційних робіт «AFS» («All For School») являє собою цифрову природничо-наукову лабораторію на базі комп'ютерного обладнання з датчиками реєстрації даних (рис. 7). Програмне забезпечення для роботи з лабораторією включає в себе комплекс експериментальних робіт для школярів з фізики, хімії та біології з використанням комп'ютерного обладнання і датчиків [2].

Цифрові лабораторії німецької компанії PHYWE (рис. 8) спеціально розроблені для шкільної навчальної програми. Розробники компанії створили потужну систему для комп'ютеризованого експерименту – ЦЛ «COBRA 3» і «COBRA 4», в основному для експлуатації в умовах лабораторного практикуму вузів [7]. Основним елементом ЦЛ є базова установка (рис. 9) з підключеними до неї модулями датчиків. Лабораторія може керуватися або за допомогою комп'ютера, або за допомогою операційної установки (комп'ютерного блоку).



Рис. 9. Базовий блок, ЦЛ «COBRA 3»

До нового покоління шкільних природничо-наукових лабораторій, призначених для проведення демонстраційних дослідів, лабораторних і практичних робіт, організації навчальних досліджень в галузі фізики, біології та хімії відносять ЦЛ FougierEdu до складу якої входять датчики та реєстратор і яка пропонується у двох варіантах.

Основу першого варіанту (рис. 10) складає NOVA Link – особливий реєстратор, який за допомогою USB кабелю може бути приєднаний до будь-якого комп'ютера. Реєстратор має 4 порти, через які може бути одночасно підключено до восьми датчиків (рис. 12), що більш ніж достатньо для проведення різних за рівнем складності експериментів і істотно розширює можливість індивідуальної і групової діяльності учнів.



Рис. 10. NOVA Link і комплект датчиків

Другий варіант – мобільний, в якому аналогічний реєстратор об'єднаний в одному корпусі з КПК «NOVA 5000» (рис. 11).



Рис. 6. Вимірювальний блок, ЦЛ «L-мікро»



Рис. 7. Датчик відстані Go!Motion, ЦЛ «AFS»



Рис. 8. Реєстратор даних, ЦЛ «COBRA 4»



Рис. 11. КІПК «NOVA 5000» і датчики

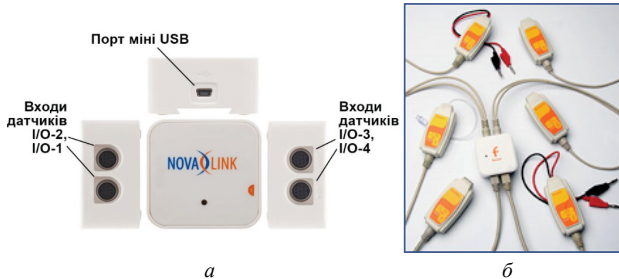


Рис. 12. Підключення датчиків до реєстратора даних NOVA Link

Реєстратор даних призначений для роботи з програмним забезпеченням MultiLab, використовуючи яке можна отримати зображення даних у вигляді графіків, таблиць або показів шкали приладу. При цьому отримання даних від пристрою Nova link здійснюється в режимі реального часу (онлайн).

MultiLab – це комплексний додаток, що забезпечує реєстрацію експерименту: збір кількісних даних (показів датчиків), відображення їх на графіку, у таблиці, на табло приладу і математичну обробку отриманих даних. Також, мультимедійні можливості MultiLab дозволяють супроводжувати отримані дані синхронізованими відео- і аудіоматеріалами; містять відеоаналізатор руху, який здатний перетворювати відеозапис будь-якого руху в набір даних. Додаток повністю сумісний з відомими програмними засобами офісного призначення (MS Word і Excel) [17].

Головне вікно програмного забезпечення MultiLab складається з чотирьох основних вікон: вікно графіків, вікно таблиць, вікно відео і навігаційне вікно, зване картою даних (рис. 13). Можна відкривати всі вікна одночасно або тільки деякі з них.

Найбільш часто використовувані інструментальні засоби і команди показані на трьох панелях інструментів. Інструменти, які діють у всіх режимах роботи програми, і інструменти управління реєстратором розміщені на головній панелі. Інструменти для роботи з графіками знаходяться на панелі графіків, інструменти таблиці – на панелі таблиці.

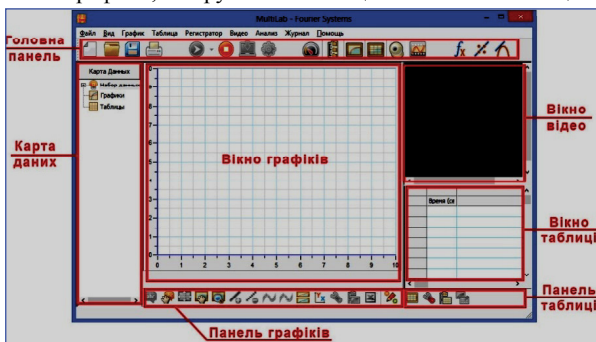


Рис. 13. Головне вікно програмного забезпечення MultiLab

Як зазначають розробники, застосування у навчальному процесі ЦІЛ FourierEdu має на меті полегшити розуміння фізичних явищ, підвищити інтерес до досліджуваних дисциплін, розширити дослідницьку складову у вивченні природничих наук, а також навчити користуватися інформаційними технологіями як сучасним і зручним інструментом.

В Україні однією із перших, хто придбала переносну електронну лабораторію, яка може працювати і в умовах експедицій є Рівненська Мала академія наук. Учні академії вже близько чотирьох років знайомляться і працюють з цифровою лабораторією FourierEdu, проводять цікаві експерименти з фізики на цифровому обладнанні NOVA 5000 [8].

Варто зазначити, що майже всі види дослідницької діяльності з природничих та гуманітарних наук на сьогодні мають розроблені програмні продукти для підтримки наукових розробок (аналізу, автоматизації, оформлення результатів тощо), причому існують програмні продукти, які розповсюджуються за відкритою ліцензією (freeware). І перед дослідником постає завдання вибору оптимального пакету, який би при мінімальних затратах часу на освоєння дозволив би зекономити зусилля на розрахунках та аналізі. На нашу думку саме такою, найбільш доступною для майбутнього вчителя фізики, є цифрова лабораторія FourierEdu на програмному забезпеченні «Multilab».

До комплексу з ЦІЛ FourierEdu розроблені методичні вказівки до лабораторних робіт як для курсу «Фізичні основи роботи елементів ЕОМ» (напрямок підготовки бакалаврів «Програмна інженерія» і «Інформатика*»), так і з шкільного курсу фізики. Також вчителі, які мають бажання використовувати ЦІЛ у лабораторному практикумі, можуть і додатково розробляти нові вказівки до використання лабораторії або доповнювати запропоновані лабораторні роботи.

Висновки. Для вивчення фізичних основ роботи елементів ЕОМ, а також фізики в школі в сучасних умовах необхідно вивчати сучасне програмне забезпечення освітнього призначення FourierEdu, оскільки цифрові лабораторії починають активно з'являтися на теренах України і вчителі найближчим часом можуть зіткнутися з тим, що їм треба буде проводити шкільні лабораторні досліди на цифрових лабораторіях.

Використання сучасних цифрових лабораторій виступає ефективним способом активізації дослідницької діяльності майбутніх вчителів фізики. Наочні демонстрації з основних розділів фізики (від механіки до оптики) з використанням сучасних інформаційних технологій в подальшому допоможе зрозуміти і освоїти принципи одержання даних та здійснення автоматизованих розрахунків.

Простота у керуванні цифровими лабораторіями є важливим моментом при виборі обладнання для фізичних дослідів. Програмне забезпечення Multilab ЦІЛ FourierEdu є яскравим прикладом доступності для вчителів і учнів. Розібратися з комплексним додатком реєстрації даних буде легко як вчителям так і учням, які мають середній рівень знання ПК.

ЦІЛ не замінюють, а удосконалюють процес виконання лабораторних робіт. Завдяки їм можна швидше, якісніше, точніше, правильніше відтворити фізичний експеримент і з легкістю отримати результати підраховані комп'ютером, даючи змогу подальшого аналізу чи доопрацювання результатів того чи іншого фізичного явища. У ЦІЛ передбачено повний набір характеристик, притаманних традиційній організації наукових досліджень.

Не можна заперечувати той факт, що використання ЦІЛ як інструмента, особливо яскраво підкреслює роль дослідництва в науковій роботі, оскільки вимагає від виконавця не тільки освоєння, власне, лабораторії, програмного забезпечення, принципу роботи, а і вміння його використати при розв'язуванні прикладних задач. У цьому плані освоєння цифрових лабораторій відіграє позитивну роль в становленні майбутнього вчителя і науковця.

Список використаних джерел:

1. Верховцева М.О. Современные цифровые лаборатории в подготовке студентов физических специальностей педагогического института / М.О. Верховцева, Д.А. Порохов, О.Л. Трополева // Естественно-математическое образование в современной школе : сборник научных трудов / под общ. ред. М.А. Шаталова. – СПб. : ЛОИРО, 2009. – Вып. 3. – С. 190-194.
2. Волкова С.А. Недостатки и преимущества применения цифровой лаборатории «AFS» в обучении химии в средней школе / С.А. Волкова, С.О. Пустовит // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 4 – С. 70-73.

3. Горбушин А.Г. Цифровые лаборатории PASCO – новый проектно-деятельностный подход к обучению / А.Г. Горбушин // Zbiór raportów naukowych. «Nauka dziś: teoria, metodologia, praktyka, problematyka». – Warszawa : Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2014. – 96 s.
4. Жук Ю.О. Організація суб'єктно орієнтованого навчального середовища у дидактичному просторі «віртуальна лабораторія» / Ю.О. Жук // Інформаційні технології і засоби навчання. – К. : ІТЗН НАПН України, 2010. – № 3 (17).
5. Заболотний В.Ф. Навчальний фізичний експеримент з використанням цифрової лабораторії Nova5000 [Електронний ресурс] / В.Ф. Заболотний, А.В. Лаврова // Збірник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету ім. Івана Огієнка. Сер. педагогічна. – 2013. – Вип. 19. – С. 82-85. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/znpkr_red_2013_19_31.pdf
6. Компания Relab – российский производитель цифровых лабораторий. [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. Официальный сайт компании Relab. – Режим доступа: <http://www.relab.ru/download/Relab.pdf>. – Цифровые лаборатории для школ «Relab»
7. Компьютеризированный эксперимент с использованием системы «СОБРА 4» : книга для учителя [Текст] / пер. и адаптация М. А. Петровой – М., 2008. – 155 с.
8. Наука XXI століття: нанотехнології та електронні лабораторії [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Рівненська Мала академія наук учнівської молоді. – Режим доступа: http://man.rv.ua/index.php?id=news_article_&tx_ttnews%5Btt_news%5D=168&cHash=cf998f600dec2d3cc3e271b7d5367ec3 (дата звернення 01.06.2015).
9. Сергиенко Д.И. О новом поколении цифровых лабораторий Эйнштейн / Сергиенко Д.И., Чернышов Д.В. // Сборник трудов XXV Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», ИТО-Троицк «Применение инновационных технологий в образовании», 2014
10. Петриця А. Особливості використання цифрових лабораторій у навчальному фізичному експерименті / А. Петриця // Молодь і ринок. – 2014. – № 6. – С. 44-48.
11. Петрова М.А. Применение цифровых лабораторий в учебном физическом эксперименте в общеобразовательной школе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / М.А. Петрова. – М., 2008. – 260 с.
12. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Державної цільової соціальної програми підвищення якості шкільної природничо-математичної освіти» від 13 квітня 2011 р. № 561 – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/561-2011-%D0%BF>
13. Рустамов Э. Применяемые в бакинских школах новейшие технологии повышают интерес детей к естественным наукам [Електронний ресурс] / Э. Рустамов. // [Веб-сайт]. – Информационное Агентство «The First News». – Режим доступа: <http://www.1news.az/society/20150504045619030.html> (дата обращения 04.05.2015).
14. Семеніхіна О.В. Віртуальні лабораторії як інструмент навчальної та наукової діяльності / О.В. Семеніхіна, В.Г. Шамоля // Педагогічні науки: теорія, історія, інноваційні технології. – Суми : Вид-во Сум. ДПУ імені А.С. Макаренка, 2011. – №1(11). – С. 341-346.
15. Указ Президента України «Про Національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року» від 25 червня 2013 року №344/2013. – Режим доступа: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>
16. Ханнанов Н.К. Работы компьютеризированного лабораторного практикума по физике с использованием оборудования L-микро / Н.К. Ханнанов, Д.М. Жилин, О.А. Поваляев и др. // Материалы X международной учебно-методической конференции «Современный физический практикум». – Астрахань, 2008. – С. 258-259.
17. Цифровая лаборатория Архимед 4.0: Физика [Электронный ресурс] : [Веб-сайт]. – Институт новых технологий. – Режим доступа: <http://www.int-edu.ru/object.php?m1=3&m2=2&id=1004> (дата обращения 02.04.2015).

А. П. Кудин¹, А. А. Юрченко²

¹Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова

²Сумской государственной педагогический университет имени А. С. Макаренка

ПРОГРАМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ

Статья будет интересна разработчикам программного обеспечения реальных лабораторных практикумов по физике как в высших учебных заведениях, так и в школе. В статье проанализированы различные подходы к определению термина «цифровая лаборатория», сделан обзор наиболее распространенных цифровых лабораторий и акцентировано внимание на комплексе цифровой лабораторий FourierEdu. Обоснована необходимость в изучении будущими учителями физики цифровых физических лабораторий и отмечена актуальность разработки соответствующего методического обеспечения на уровне педагогического университета и общеобразовательного учебного заведения. Указаны положительные стороны цифровых лабораторий в физическом эксперименте и их отличие от виртуальных лабораторий. Показано, что использование современных цифровых лабораторий выступает эффективным способом активизации исследовательской деятельности. Описаны необходимости ознакомления будущих учителей физики с современными цифровыми лабораториями.

Ключевые слова: цифровая лаборатория, физический лабораторный практикум, информатизация образования, FourierEdu, программное обеспечение.

А. Р. Kudin¹, А. А. Yurchenko²

¹National Pedagogical Dragomanov University

²Sumy A. Makarenko State Pedagogical University

SOFTWARE OF THE REAL PHYSICAL LABORATORY PRACTICE

The article will be of interest to software developers real laboratory works on physics at the university as well as at school. The article analyzes different approaches to the definition of «digital lab», an overview of the most common digital laboratories and attention is focused on digital laboratory FourierEdu. Substantiates the need for studying digital physical laboratories of the future physics teachers. Mentions the relevance of developing appropriate methodological support at Pedagogical University and school. The specified positive aspects of digital labs in physical experiment. The said difference digital laboratories and of virtual laboratories. It is shown that the use of modern digital laboratory is an effective way to enhance research activities. The necessity of introduction of future physics teachers with modern digital labs.

Key words: digital laboratory, physical laboratory practice, information education, FourierEdu, software.

Отримано: 19.05.2015