

УДК 06.055.2 + 061.3 + 002.2 + 070.43

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

*Лукьяненко В.В., Порфиоров П.А., Дацун Н.Н.
Донецкий национальный технический университет
Кафедра прикладной математики и информатики*

Дана оценка качества доступных на сегодняшний день виртуальных лабораторий по физике. Приведена сводная таблица, содержащая классификацию рассмотренных лабораторных работ по таким признакам как режим доступа, среда исполнения, степень интерактивности и наличие преподавательского надзора за результатами выполнения работы. Описаны детали разработки двух виртуальных лабораторных работ по физике (раздел «Механика»).

1 Анализ существующих виртуальных лабораторных работ по физике

Представленные в Интернете виртуальные лабораторные работы (ВЛР) охватывают различные разделы физики, однако отличаются степенью интерактивности графического пользовательского интерфейса (GUI), режимом доступа, средой выполнения, финансовой доступностью и наличием связи с преподавателем, способным оценить результаты выполненной работы.

Степень интерактивности GUI лабораторной работы определяется активностью участия пользователя в процессе её выполнения, а также наглядностью данного процесса в терминах выполняемых задач. В качестве режимов доступа к ВЛР выбраны локальный и сетевой режимы. Лабораторная, предназначенная для запуска в локальном режиме, должна быть расположена на локальной машине, при этом может потребоваться предварительная установка программы, в зависимости от способа её дистрибуции. ВЛР, работающая в сетевом режиме, не должна храниться на локальном компьютере и должна быть доступна для запуска через Интернет-браузер без необходимости установки на локальную машину. В качестве среды выполнения ВЛР будут рассмотрены прикладные приложения, из которых непосредственно происходит запуск.

Ниже приведено описание виртуальных лабораторных работ, позволяющих проводить опыты, по тематике различных разделов физики:

- Сборник «Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы» [1];
- ВЛР по курсу общей физики сайта дистанционного обучения Сумского государственного университета [2];
- «Соотношение величин при вращательном движении» [3];
- «Определение модуля кручения проволоки» [4];
- «Измерение силы трения скольжения» [5];
- Виртуальный лабораторный комплекс (ВЛК) «Аргус» [6];
- «Friction Explorer» [7];
- ВЛР сайта «Virtual Physics Lab» [8].

Работы из сборника [1] доступны для запуска с локальной машины. Хотя части лабораторных работ выполнены в виде SWF-файлов, доступных для запуска с помощью Adobe Flash Player, весь комплекс функционирует из-под операционной системы (ОС). Работы обладают высокой степенью интерактивности, предоставляя пользователю возможность напрямую взаимодействовать с активными элементами интерфейса и менять параметры установки. Сборник содержит дополнительные разделы с теоретической информацией, необходимой для выполнения лабораторных работ, а также раздел для проверки степени усвоения знаний. Результаты выполнения лабораторных работ оформляются в виде отчёта, который в дальнейшем может быть распечатан. Это коммерческий продукт.

ВЛР [2] доступны через Интернет и используют Adobe Flash Player в качестве среды выполнения. Пользовательский интерфейс данных приложений обладает высокой интерактивностью, позволяя учащемуся настраивать параметры эксперимента и вручную управлять активным содержимым. Проверка результатов выполнения лабораторных работ производится непосредственно в приложении без участия преподавателя. Приложения ВЛР [2] бесплатные.

Ниже приведены описание ВЛР из раздела «Механика»:

ВЛР [3] доступна через Интернет и предназначена для выполнения в среде проигрывателя Adobe Flash Player. Лабораторная работа обладает полной интерактивностью, предоставляя пользователю возможность напрямую взаимодействовать с активными элементами интерфейса и менять параметры установки. Контроль выполнения работ происходит автоматически программным путём или не контролируется. Приложения ВЛР [3] бесплатные.

ВЛР [4] может быть доступна как из Интернета, так и с локального хранилища данных после сохранения видеоролика. Лабораторная работа выполнена в виде видеоролика с текстовым описанием производимого эксперимента и его сопровождением наглядными анимациями. Данная ВЛР не обладает интерактивностью. Средой выполнения лабораторной работы является любая программа-проигрыватель видеофайлов, способная воспроизводить видеофайлы в формате FLV, либо Adobe Flash Player, если просмотр видео происходит с сайта. Приложение ВЛР [4] бесплатное.

Далее проанализируем только те лабораторные работы раздела «Механика», которые связаны с темой трения скольжения:

ВЛР [5] доступна только через Интернет. Лабораторная работа обладает низкой интерактивностью, позволяя запускать анимацию движения объекта или приостанавливать её, при этом, не выводя никаких сопутствующих значений величин. Средой выполнения данной лабораторной работы является проигрыватель Adobe Flash Player. Приложение ВЛР [5] бесплатное.

С помощью ВЛК «Аргус» [6] можно изучать движения и колебания различной природы. Работа с данным ВЛК происходит только с локального компьютера. Процесс выполнения лабораторной работы сочетает в себе использование видеофайла с анимацией изучаемого явления и ручной ввод параметров. Это коммерческий продукт.

«Friction Explorer» [7] доступна через Интернет в виде Java-апплета, поэтому средой выполнения является Java Virtual Machine. Данная ВЛР наглядно демонстрирует понятие коэффициента трения скольжения. Приложение ВЛР [7] бесплатное.

ВЛР сайта «Virtual Physics Lab» [8] доступна через Интернет. Средой выполнения является Adobe Flash Player. В лабораторной работе в реальном масштабе времени возможно изменять настройки установки и наблюдать результирующее скольжение. Приложение ВЛР [8] бесплатное.

В результате анализа перечисленных выше примеров виртуальных лабораторий, как из раздела «Механика» в целом, так и непосредственно на тему трения скольжения, можно сделать следующий вывод: рассмотренные лабораторные работы обладают основным недостатком – они не предоставляют возможности взаимодействия учащегося с преподавателем. Положительным моментом является то, что большинство ВЛР являются бесплатными. Результаты анализа ВЛР приведены в таблице 1.

Следует заметить, что популярные на сегодняшний день вебинары, в которых принимают участие и учащиеся, и преподаватели, общение которых происходит в реальном времени, также можно назвать разновидностью виртуальных лабораторных работ, однако в пределах данной работы они не изучались.

Таблица 1. Сводная таблица результатов анализа ВЛР

| Название ВЛР/Сборника ВЛР | Интерактивность | Наглядность | Режим доступа | Среда выполнения | Оплата | Проверка (есть/нет) | Источник |
|---|-----------------|-------------|----------------------|--------------------------------------|--------|---------------------|----------|
| Сборник «Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы» | Высокая | Высокая | Локальный | ОС | + | - | [1] |
| Виртуальные лабораторные работы по курсу общей физики | Высокая | Высокая | Сетевой | Adobe Flash Player | - | +/- | [2] |
| «Соотношение величин при вращательном движении» | Высокая | Высокая | Сетевой | Adobe Flash Player | - | - | [3] |
| «Определение модуля кручения проволоки» | Отсутствует | Высокая | Сетевой Локальный | Adobe Flash Player, видеопроектор | - | - | [4] |
| «Измерение силы трения скольжения» | Низкая | Низкая | Сетевой | Adobe Flash Player | - | - | [5] |
| Виртуальный лабораторный комплекс «Аргус» | Средняя | Высокая | Локальный | ОС | + | - | [6] |
| Friction Explorer | Низкая | Средняя | Сетевой | Java Virtual Machine | - | - | [7] |
| Virtual Physics Lab | Высокая | Высокая | Сетевой | Adobe Flash Player | - | - | [8] |

2 Постановка задачи

Разработать виртуальные лабораторные работы по физике (раздел «Механика»): №4 ‘Определение коэффициента трения скольжения’ и №24 ‘Определение коэффициента полезного действия наклонной плоскости’ [9].

К ВЛР предъявлены следующие требования:

- в программе должен быть реализован наглядный GUI, максимально приближённый к реальной лабораторной установке;
- программа должна включать в себя набор необходимой справочной информации для выполнения лабораторной работы, такой как теоретические сведения по теме, описание установки, моделируемой в программе, текст порядка выполнения лабораторной работы;
- программа должна воспроизводиться проигрывателем Adobe Flash Player версии не ниже 10.

Постановка задачи ВЛР №4 и ВЛР №24 приведена в табл. 2.

Таблица 2. Постановка задачи для ВЛР

| ВЛР №4 | ВЛР №24 |
|---|---|
| Исходные данные | |
| <p>Теория: файл {Текстовый файл со сведениями о силе трения скольжения}; Теория_рисунок: файл {графический файл со схематическим изображением экспериментальной установки}; Описание: файл {Текстовый файл с описанием экспериментальной установки}; N: целое {Последняя цифра номера зачётной книжки студента}; L: ЦЕЛОЕ {Длина наклонной плоскости}; Q: массив [1..3] строк {Тексты тестовых вопросов}; A: массив [1..12] строк {Тексты вариантов ответов}; A_t: массив [1..12]целые {Номера правильных вариантов ответов};</p> | <p>Теория: файл {текстовый файл с теоретическими сведениями по данной теме }; Теория_рисунок: файл {графический файл со схематическим изображением экспериментальной установки}; Описание: файл {Текстовый файл с описанием экспериментальной установки}; N: целое {последняя цифра номера зачётной книжки студента}; μ: вещественное {коэффициент трения}; m: вещественное {масса груза, килограммы}; H: вещественное {высота подъема груза, метры}; Q: массив [1..3] строк {тексты тестовых вопросов, текст}; A: массив [1..12] строк {тексты вариантов ответов, текст}; delta: вещественное {величина смещения груза при перерисовке кадров, метры}; α: целое {угол наклона плоскости, градусы}; A_t: массив [1..12] целые {номера правильных вариантов ответов}.</p> |

Таблица 2. Постановка задачи для ВЛР. Продолжение

| Ограничения | |
|--|--|
| <p> \existsТеория; Теория $\neq \emptyset$ \existsТеория_рисунок Теория_рисунок $\neq \emptyset$ \existsОписание Описание $\neq \emptyset$ $N \in [0..9]$ $L \in [40..100]$ $Q[i] \neq \emptyset$ $A[i] \neq \emptyset$ $A_t[i] \in [1..4]$ </p> | <p> \existsТеория; Теория $\neq \emptyset$ \existsТеория_рисунок Теория_рисунок $\neq \emptyset$ \existsОписание Описание $\neq \emptyset$ $N \in [0..9]$ $H \in [0.3..1.2]$ $\mu \in [0.3..0.75]$ $m \in [0.5..2.73]$ $Q[i] \neq \emptyset$ $A[i] \neq \emptyset$ $a \in [20..80]$ $\delta > 0$ $A_t[i] \in [1..4]$ </p> |
| Результаты | |
| <p> α: целое {угол наклона плоскости, градусы}; t_r: вещественное {время скольжения по наклонной плоскости с учётом погрешности, сек.}; a: вещественное {ускорение движения груза, м/сек²}; μ: вещественное {коэффициент трения скольжения}; μ_cp: вещественное {средний коэффициент трения скольжения}; </p> | <p> L: вещественное {длина наклонной плоскости, метры}; n: вещественное {количество перерисовок кадров при перемещении груза}; dx: вещественное {значение смещения груз вдоль оси x при перерисовке кадров}; dy: вещественное {значение смещения груз вдоль оси y при перерисовке кадров}; F: вещественное {сила, затраченная на перемещение груза, Ньютоны} </p> |
| Связь | |
| <p> $a = g_2(\sin \alpha - \mu \cdot \cos \alpha)$ $t = \sqrt{\frac{L}{2}}$ $t - 0,1 \cdot t \leq t_r \leq t + 0,1 \cdot t$ $\alpha = 25 + N$ $0,4 \leq \mu \leq \operatorname{tg} \alpha$ </p> | <p> $L = \frac{H}{\sin \alpha}$ $n = \frac{L}{\delta}$ $dx = \cos \alpha \cdot \delta$ $dy = \sin \alpha \cdot \delta$ $F = m \cdot 10 \cdot \sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha$ </p> |

3 Проектирование виртуальных лабораторных работ и разработка алгоритмов

Основным классом, отвечающим за отображение графического содержимого на экране в используемой среде разработки, является класс `DisplayObject`. Все объекты, которые отображаются на экране, являются наследниками данного класса. Особенность данного класса является то, что он имеет доступ к списку отображения, который используется Flash плеером для определения объектов, которые будут отображаться на экране и определения последовательности прорисовки данных объектов. Чтобы отобразить какой либо объект на экране его необходимо добавить в список прорисовки методом `AddChild` класса `MovieClip` или методом `AddChildAt`, который позволит нарисовать объект не поверх других, а в определенной последовательности. Также каждый наследник класса `MovieClip` может иметь список своих дочерних объектов.

Особенностью данного класса является то, что в нем хранится дорожка кадров, то есть, каждый нарисованный объект может являться отдельной анимацией, которой можно программно управлять. Данная особенность была широко использована при разработке лабораторных работ. Смена кадров в дорожке каждого объекта позволяет легко менять графическое содержимое данного объекта, что позволяет придать ему интерактивность.

4 Разработка пользовательского интерфейса

Для создания эффективного GUI была разработана система из пяти экранных форм: главное меню, теория, описание установки, эксперимент, отчет.

Навигация между формами представляет собой кнопочное меню, расположенное на главной форме приложений, с помощью которого можно из главной формы перейти во все остальные и обратно. Последовательность расположения кнопок меню выбрана в том порядке, в котором пользователь должен выполнять лабораторную работу.

На экранной форме 'Теория' расположены краткие теоретические сведения, касающиеся выполнения лабораторной работы. Здесь пользователь может найти формулы, которые необходимы для расчетов, сопровождаемые расшифровкой приведенных обозначений, а также узнать цель работы.

На форме 'Описание установки' приведено краткое описание используемой для проведения опытов установки со списком необходимых инструментов.

Основной формой данных программ является форма 'Эксперимент'. На ней присутствует порядок выполнения работы, которого должен придерживаться пользователь, таблица для занесения результатов проведенных опытов, а также инструменты, с помощью которых непосредственно проводится опыт.

Последней из экранных форм является форма 'Отчет', которая содержит в себе поля для ввода фамилии и группы студента, выполняющего лабораторную работу, таблицу, переносимую из формы 'Эксперимент', а также список контрольных вопросов. На данной форме пользователь формирует отчет по лабораторной работе и отправляет его на проверку своему преподавателю.

В двух приложениях ВЛР №4 и ВЛР №24, реализующих разные лабораторные работы, был разработан схожий интерфейс, что облегчит его восприятие и будет способствовать более легкому обучению неопытных пользователей (см. рис. 3-4).

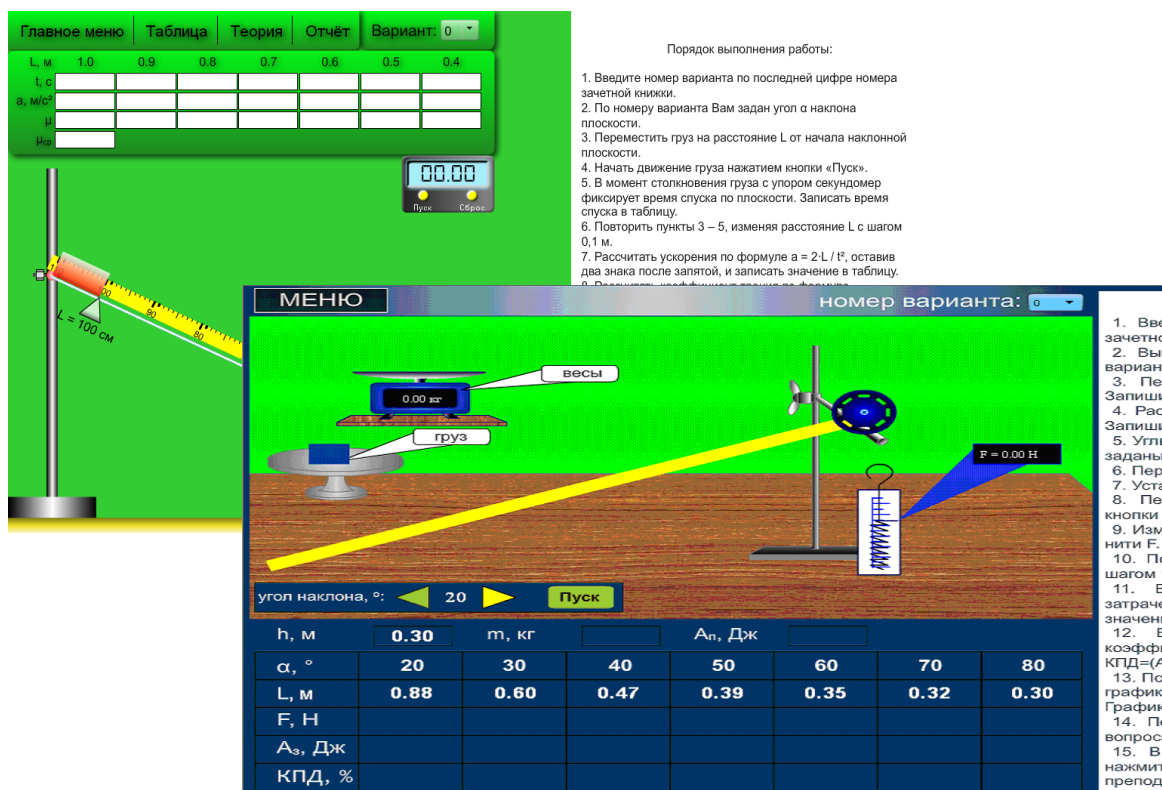


Рисунок 1. Изображение GUI разработанных ВЛР

Выводы

Проанализированы существующие ВЛР по физике. Сформулирована постановка задач для лабораторных работ ‘Определение коэффициента трения скольжения’ и ‘Определение коэффициента полезного действия наклонной плоскости’. Выполнены объектно-ориентированный анализ и проектирование структуры ВЛР №4 и ВЛР №24. Предложен единый подход к проектированию интерфейса и разработан графический пользовательский интерфейс. Разработанные виртуальные лабораторные работы размещены в дистанционном курсе «Физика» для студентов очно-заочной формы обучения [10].

Список литературы

- [1] Виртуальные лабораторные работы по физике. 7–9 классы. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.nd.ru/prod.asp?razd=descr&prod=virtuallaboratorytest>
- [2] Примеры симуляторов. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://dl.sumdu.edu.ua/ru/entrant/examples-of-simulators>
- [3] Виртуальные лабораторные работы по физике. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.all-fizika.com/article/index.php?id_article=110
- [4] Виртуальная лабораторная работа. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.youtube.com/watch?v=YPUA-g_GldI
- [5] Интерактивная анимация, демонстрирующая один из способов измерения силы трения. Электронный ресурс. Режим доступа: http://somit.ru/fizika7_30s2.htm

- [6] Компьютерный лабораторный комплекс «Аргус». Электронный ресурс. Режим доступа - <http://www.clc-argus.ru>
- [7] Friction Explorer. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.planetseed.com/files/uploadedfiles/Science/Laboratory/Air_and_Space/Friction_Explorer/en/classes/FrictionApplet.html
- [8] Virtual Phisycs Lab. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.dl.ket.org/physicslabs/labs/>
- [9] Портал «Физика» ДонНТУ. Электронный ресурс. Режим доступа: http://info.donntu.edu.ua/el_izdan/fisik/index.html
- [10] Дистанционный курс «Физика». Электронный ресурс. Режим доступа: <http://dist.donntu.edu.ua/course/view.php?id=248>