

МУЛЬТИМЕДИЙНАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ПО ФИЗИКЕ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

DOI:10.14308/ite000470

Представлены результаты разработки программного модуля «Виртуальная лаборатория» в системе дистанционного обучения «Херсонский виртуальный университет» (СДО ХВУ) применительно к задачам физики. Актуальность исследования обусловлена отсутствием в существующих системах дистанционного обучения поддержки создания и использования виртуальных лабораторных работ по дисциплинам естественно-научного профиля. Предметом исследования является программный модуль создания и использования виртуальных лабораторных работ в системе дистанционного обучения. Цель исследования – описание технологии разработки программного обеспечения виртуальной лаборатории по физике для системы дистанционного обучения. Описаны информационные технологии проектирования и разработки, а также структура виртуальной лаборатории и ее место в СДО ХВУ. Также описаны основные режимы работы программного модуля в системе и методы его использования в учебном процессе.

В основе структуры программного модуля «Виртуальная лаборатория» лежит мультимедийный Веб-редактор виртуальных лабораторных работ, который создан по технологии объектно-ориентированного проектирования. Программная библиотека мультимедийных 3D объектов, созданных в среде разработки интерактивных графических объектов Unity3D, унифицирует процесс создания и обработки виртуальных лабораторных работ. Базовым математическим пакетом для поддержки вычислений является математический процессор Waterloo Maple. Применение разработанного программного интерфейса позволит преподавателям создавать лабораторные работы и использовать их в своих дистанционных курсах. Учащиеся, в свою очередь, смогут проводить исследования, выполняя виртуальные лабораторные работы.

Ключевые слова: система дистанционного обучения, Херсонский виртуальный университет, виртуальная лаборатория, мультимедиа технологии.

Постановка проблемы. Развитие систем дистанционного обучения (СДО) повлекло за собой перенесение в виртуальную среду основных форм и способов обучения – это группы, курсы, тесты, библиотеки, виртуальные комнаты общения, виртуальные доски с широкими возможностями представления учебного материала [1]. По мнению авторов, следующий этап развития СДО обусловлен необходимостью создания универсальной виртуальной лаборатории, содержащей в себе цифровые аналоги лабораторных кабинетов университета, со всеми необходимыми инструментами. В такой лаборатории обеспечивается поддержка научных исследований учащихся и контроля на всех этапах учебного процесса.

Предметом исследования данной статьи являются виртуальные лаборатории в системе дистанционного обучения. **Цель исследования** – описание технологии разработки программного обеспечения виртуальной лаборатории по физике для системы дистанционного обучения. **Задачи исследования** – показать на примере виртуальной лаборатории по физике концепцию внедрения в систему ДО дополнительного инструментария, расширяющего функциональность системы.

Анализ публикаций по тематике статьи. В научной литературе активно обсуждаются вопросы, связанные использованием, внедрением и усовершенствованием ИКТ, а также учебных программных средств в образовательном процессе. На важность теоретических и экспериментальных исследований в области компьютерно-ориентированных и дистанционных технологий обучения указывали в своих работах многие учёные и практики:

Быков В.Ю., Морзе Н.В., Жалдак М. И., Раков С.А., Спиваковский А.В., Кудин А.П., Кухаренко В.Н. и др.

Анализ показывает, что в научной литературе существует недостаток работ, посвященных тематике моделирования и разработки инструментальных средств для внедрения в системы дистанционного обучения. Сегодня ИКТ в сфере образовательного процесса развиваются эффективнее, если применяются принципы автоматизации процессов [4]. Задача внедрения виртуальной лаборатории пока не решена в популярных системах ДО [6] [7]. Чаще всего вопрос использования ВЛ в дистанционном обучении рассматривается с точки зрения применения ВЛ в как внешней среды, результаты использования которой заносятся в СДО вручную.

Актуальность работы. Повсеместное внедрение дистанционных технологий в учебных заведениях, наблюдающееся в последние годы в Украине, диктует необходимость поиска новых подходов к организации процесса обучения.

Тенденции последних нескольких лет в образовательном сегменте ИКТ показывает рост создания и распространения разнообразных образовательных ресурсов, часто создаваемых по принципу облачных технологий. Среди них присутствуют разработки, реализующие виртуальные лабораторные работы. По некоторым дисциплинам можно найти ресурсы, которые можно использовать в дистанционном обучении. Например, можно привести такие программные системы как: LabView, Jmcad, Absorb Chemistry/(Electronics/Mathematics/Physics/Advanced Physics), Crocodile Mathematics, Yenka Technology (Science/Mathematics/Programming), Discovery Studio Visualizer, Swiss-PdbViewer, ChemLab, OPNET IT Guru, 3D Human Anatomy, MediView, и многие другие. Средств обучения огромное количество, они охватывают большой спектр дисциплин. Многие из них являются мощнейшими средствами для проведения виртуальных лабораторных работ. Однако, в большинстве примеров таких средств существует ряд недостатков. Прежде всего, в одном ресурсе зачастую собраны не все темы дисциплины. Это вызывает необходимость использовать более одного такого ресурса в обучении. Из этого вытекают проблемы различных методов использования ресурсов – все они созданы по-разному методически, дидактически и технически. А также не всегда удовлетворяет качество реализации.

Именно по этим причинам мы считаем, что актуальна разработка виртуальной лаборатории в прямой связке с СДО.

Существует два важнейших аспекта, позволяющих качественно развивать системы дистанционного обучения. Это, прежде всего, расширение инструментария СДО – разработка и внедрение новых технологических модулей в систему. Кроме этого, важнейшую роль в развитии играет усовершенствование механизмов централизованного сбора, передачи, обработки и хранения результатов обучения.

Внедрение виртуальной лаборатории в СДО позволяет охватить более широкий спектр методов обучения и в частности упрощает использование ВЛ для пользователей СДО. Централизованный сбор результатов учебного процесса аудитории даёт возможность автоматизировать процесс управления. Это является основой для анализа процесса обучения, а также для проведения объективных выводов о качестве обучения.

1. Описание структуры виртуальной лаборатории в системе дистанционного обучения. Применяемый при проектировании ВЛ объектно-ориентированный подход позволяет подразделить систему на логические блоки. В системе выделяется базовый сегмент блоков и предметно-ориентированные сегменты. Такая декомпозиция позволяет использовать разные подходы при создании блоков ядра системы, а также применять всё многообразие приёмов представления сегментов предметно-ориентированных областей знаний, которые отражают логическую (классы и объекты), физическую (модули и процессы) структуру системы, а также её динамические и статические аспекты [5]. При анализе конкретной предметной области (в нашем случае) разделы Физики «Кинематика и Динамика» проработана концептуальная схема, содержащая описание основных компонентов и функций, которые они должны выполнять.

Программный модуль «Виртуальная лаборатория» (ВЛ) является подсистемой СДО, предназначенная для создания и использования виртуальных лабораторных работ (ВЛР) [2].

ВЛ рассматривается как один из важных электронных образовательных ресурсов СДО, она обеспечивает создание и использование в дистанционном учебном процессе мультимедийных объектов, управляемых пользователем. В статье описана архитектура клиентской и серверной части лаборатории, функциональность модулей системы, роли пользователей, а также принцип использования ВЛ на персональном компьютере. В лаборатории предусматривается возможность создания рабочей модели, проведения различных преобразований и изменения состояний физической модели, проведения измерений параметров модели при помощи виртуальных измерительных приборов, а также сохранения результатов выполнения работ в системе дистанционного обучения.

Технологическая основа. Для отображения моделей, процессов и явлений используется визуальное представление в виде 3D графики. Технологической основой представления является графический инструмент для разработки трёхмерных приложений Unity3D.

Unity3D – это кроссплатформенный движок для разработки интерактивных приложений с графикой, воспроизводимой в реальном времени. Этот графический движок наиболее распространен среди разработчиков трехмерных крупномасштабных игр. Движок имеет собственный редактор, разработка продуктов ведется с помощью языка C#, что позволяет создавать приложения, описывающие сложные физические процессы. Также этому способствует высокий уровень абстракции программного интерфейса. Процесс разработки 3-мерных сред объектно-ориентированный, то есть построение среды разделяется на объекты с поведением. Unity3D поддерживает большое количество аппаратных платформ. Созданный на основе языка C++, что делает движок быстрым и производительным.

Этот движок удовлетворяет ряду поставленных к нему требований, а именно:

- конечный продукт является мультимедийным 3D объектом, встроенным в HTML-страницу;
- конечный продукт является объектом высокого уровня абстракции прототипов объектов;
- обеспечение высокого качества графического представления информации;
- библиотека 3D объектов имеет возможность работать с современными форматами трехмерной графики – *.3ds, *.dae, *.fbx, *.flt;
- поддержка языков высокого уровня (C++, C#, Java) для обеспечения эффективного процесса разработки;
- наличие лицензии для свободного использования в некоммерческих целях;
- наличие редактора программной и графической разработки объектов;
- возможность подключения сторонних библиотек объектов (библиотеки для обработки данных, веб-сервисы, драйверы баз данных и т.п.).

Программная библиотека мультимедийных 3D объектов унифицирует процесс создания и обработки виртуальных лабораторных работ, она предоставляет необходимые типы данных и механизмы обработки созданных виртуальных лабораторных работ.

Программное средство Unity3D предоставляет возможность создания плагина, предназначенного для конструирования виртуальных лабораторных работ. На рис. 1 представлена структура среды разработки Unity3D. Плагин – это расширение стандартных возможностей интерфейса редактора Unity3D, например, создание собственного интерфейса программного приложения (окна, кнопки, меню и т.п.), для чего в движке существуют специальные классы и интерфейсы, видоизменяя которые можно расширять интерфейс по необходимости. Это не требует от пользователя знаний структуры или других особенностей движка. Создав новый компонент (окно или меню), пользователю не нужно собственноручно программно добавлять новый элемент в списке опций – встроенный парсер кода автоматически выделяет и отображает новый элемент среди классов, которые представляют собой интерфейс виртуальной лаборатории.



Рис. 1 Среда разработки

Модуль для отображения лабораторных работ представляет собой веб-страницу, которая выполняет роль контейнера для интерактивного мультимедийного объекта виртуальной лаборатории [3]. На этой HTML-странице представлен встроенный программный объект, функциональность которого обеспечивается подключаемым плагином Unity-Webplayer (рис. 2).

Для проведения математических расчетов интерактивный объект взаимодействует с математическим пакетом, который может функционировать только в рамках веб-сервиса, поэтому страница-контейнер должна иметь необходимый программный интерфейс (язык JavaScript), что поможет в передаче входных данных для расчетов в математический пакет, а после расчетов вернёт результаты в интерактивный объект для отображения новых данных.

Библиотека мультимедийных 3D объектов виртуального физического эксперимента. Библиотека программных классов обеспечивает пользователя инструментами для моделирования, при этом процесс взаимодействия между пользователем и конечным программным продуктом должен протекать в обычном пользовательском интерфейсе – текстовые поля, кнопки, списки, меню. В таком случае, обработка описанного алгоритма не может обрабатываться компилятором. Для обработки алгоритмов и сценариев виртуальной лабораторной работы необходимо применить библиотеку, которая выполняет символьные преобразования. Также такие библиотеки называют математическими движками или процессорами.

Виртуальное моделирование физического процесса происходит следующим образом:

- создание новой виртуальной лабораторной работы;
- формирование содержания лабораторной работы:
 - добавление объектов,
 - редактирование математических моделей объектов;
- моделирование процесса (написание сценария);
- воспроизведение лабораторной работы:
 - обработка алгоритма и сценария, созданного пользователем,
 - воспроизведение лабораторной работы (анимация).

Итак, программная библиотека должна обеспечить построение лабораторной работы – предоставить необходимые структуры данных, обработать алгоритм разработанный пользователем и на основе результатов воспроизвести (выполнить анимацию) физического процесса. На рис.3 представлена схематичная структура виртуальной лабораторной работы.

Так, сущность «Физический объект» абстрагирует методы и свойства, которыми обладают реальные объекты – тела, физическое оборудование, и т.д. Составляющими физического объекта является:

- графическое представление 3-мерной модели на экране;
- поведение объекта на основе математической модели, содержащей физические свойства, такие как размер, координаты, масса и другие, и функциональные методы.

Типы данных «Физический объект» и «Физическое свойство» применяются для формирования содержимого сцены виртуальной лабораторной работы.

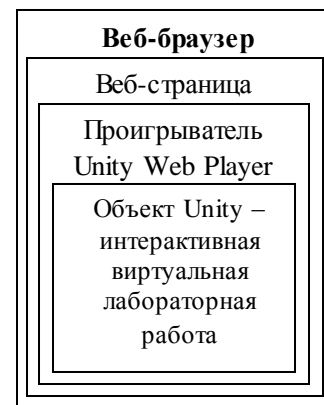


Рис. 2: Отображение ВЛ на стороне пользователя

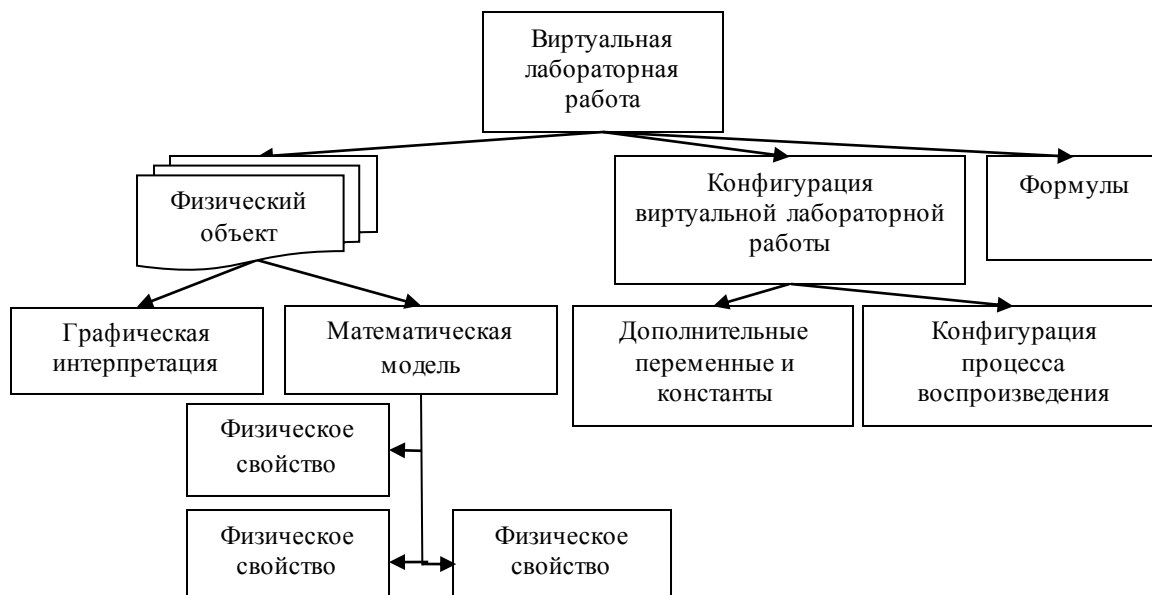


Рис.3. Структура виртуальной лабораторной работы по физике

Сущность «Формула» содержит формулы в текстовом формате, которые и формируют сценарий протекания физического процесса виртуальной лабораторной работы. Кроме формул пользователь может задействовать конструкции программирования – ветвления и циклы. В качестве переменных формул используются зарезервированные переменные и константы. Синтаксис написания сценария зависит от математического процессора, который применяется в данной реализации редактора виртуальных лабораторных работ. Базовым математическим пакетом для поддержки вычислений является математический процессор Waterloo Maple v13.

Определив возможности библиотеки в построении сцены виртуальной лабораторной работы, рассмотрим порядок выполнения расчетов и принципы воспроизведения физического процесса. Любой математический пакет или система компьютерной алгебры обеспечивает следующую функциональность:

- выполнение парсинга (синтаксического анализа) введенных данных;
- выполнение расчетов математических преобразований;
- решение математических задач;
- проведение статистических расчетов и анализа данных.

Системы компьютерной алгебры позволяют работать с матрицами, границами, производными, интегралами и др. Входные и выходные данные таких систем представлены в текстовом формате, поэтому для выполнения расчетов на основе математического пакета было создано два программных модуля – парсер и генератор.

Генератор является посредником при передаче данных от виртуальной лабораторной работы математическому пакету. Сущности, относящиеся к структуре виртуальной лабораторной работы, содержат информацию о модели процесса, поэтому входным параметром генератора является объект типа «Виртуальная лабораторная работа». Генератор формирует код для математического процессора на основе данных о модели и сценарий поведения объектов в физическом процессе, после чего полученный код отправляется на расчет в математический пакет.

После выполнения расчетов математический пакет возвращает результат, который обрабатывается для воспроизведения физического процесса. Процесс обработки полученных результатов обеспечивает парсер. Этот программный объект разделяет сигнатуры отдельных полей, строит экземпляры полей и считывает значения полей из массивов. Благодаря этому виртуальная библиотека получает новые записи в поля физических свойств. Значения полей являются значениями свойств в определенный момент времени. С течением времени к графическим моделям применяются соответствующие значения. Таким образом, происходит

постоянное изменение записей о физических свойствах и меняется отображение интерактивного объекта на экране.

Важно отметить, что программная библиотека не зависит от конкретной библиотеки трехмерной графики или от конкретного математического пакета. Библиотека объектов моделирования виртуального физического эксперимента имеет программный интерфейс, который адаптируется под различные реализации внешнего интерфейса программного модуля «Виртуальная лаборатория».

Функциональность плагина для Unity3D. Процесс разработки виртуальной лабораторной работы средствами редактора Unity3D, будет состоять из следующих шагов:

- добавление объекта в 3-мерную сцену;
- определение уникального имени для объекта, с помощью которого пользователь будет обращаться к объекту;
- определение списка параметров, необходимых физическому объекту для участия в эксперименте;
- определение дополнительных переменных или констант (ускорение свободного падения, нормальная или текущая температура среды и прочее);
- написание математических формул для моделирования процесса или явления;
- описание условий завершения расчетов по данной лабораторной работе;
- добавление на сцену объектов измерения – линеек, счётчиков и пр.

Функциональность виртуальных лабораторных работ.

Каждая лабораторная работа содержит отдельные физические объекты, каждый физический объект имеет собственную математическую модель, потому пользователь должен иметь возможность изменять математическую модель. При создании или редактировании ВЛР пользователь выделяет объект из списка объектов на сцене (рис. 4).

После этого в окне свойств объекта выводится список физических свойств текущего объекта, и отображаются элементы интерфейса, с помощью которых пользователь может изменить значения данных свойств. При необходимости, при разработке виртуальной лабораторной работы преподаватель может исключить возможность для пользователей изменять определенные параметры математической модели.

Применяя данный программный интерфейс, пользователь сможет проводить исследования и выполнять измерения. Также для мониторинга работы приложения понадобится элемент «Консоль». При необходимости, Консоль в процессе работы приложения выводит промежуточные

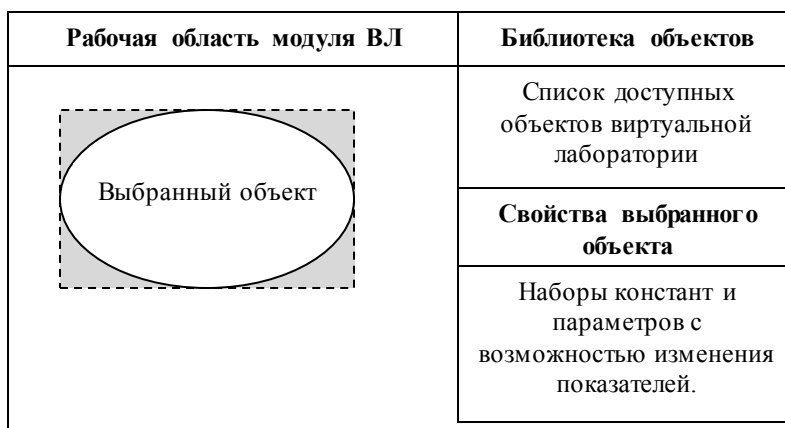


Рис. 4. Рабочее поле виртуальной лаборатории.

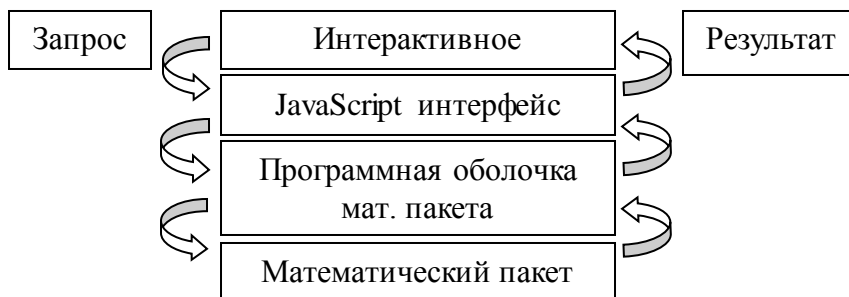


Рис. 5. Схема обработки запросов для расчета свойств.

расчеты, показывает код, генерируемый для математического пакета (например, для проверки). После возвращения результатов расчетов поля свойств также отображаются в консоли. Это позволит пользователю проанализировать результаты расчетов, в тех случаях, когда расчеты отличаются от ожидаемых, пользователь может скопировать сгенерированный

код математического пакета и применить его в среде математического пакета с целью проверки.

Виртуальная лабораторная работа в системе дистанционного обучения на стороне клиента представляется на веб-странице как встроенный модуль, управление которым осуществляется с использованием технологий JavaScript. При этом существует несколько особенностей публикации приложения виртуальной лабораторной работы на странице сайта:

- Необходимо учесть объем дополнительной информации (текст, картинки, таблицы), которые могут сопровождать виртуальную лабораторную работу. Это необходимо для того, чтобы определить размеры приложения, в котором модулируется процесс или явление.
- Подключить дополнительно модуль JavaScript, который обеспечивает отображение приложений в формате *.unity на веб-страницах. Приложение размещается на странице так же, как и другие мультимедийные данные, но кроме этого, необходимо подключить модуль, позволяющий проигрывать приложение с помощью плагина Unity Web Player.
- Разработать механизм взаимодействия порта математического пакета, страницы и встроенного модуля виртуальной лабораторной работы. Так как математический пакет используется в качестве сервиса, а формат веб-приложения Unity3D запрещает использование библиотек веб-сервисов или взаимодействие с другими сторонними ресурсами, то возникает необходимость создания механизма обмена данными между интерактивным приложением и математическим пакетом, что изображено на рис. 5.

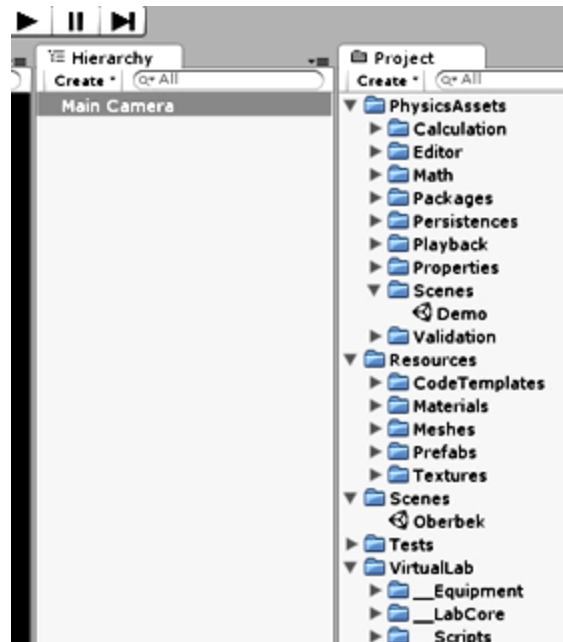


Рис. 6. Начальная структура

2. Создание виртуальной лабораторной работы по физике с использованием технологии Unity 3D

Этап создания ВЛР. Для создания виртуальных лабораторных работ разработан плагин поддержки процесса разработки. Плагин расширяет функциональность редактора интерактивных графических приложений Unity3D. Редактор свободно распространяется и может быть загружен с официального сайта фирмы-разработчика [<http://unity3d.com/unity/download/archive>].

Для создания новой виртуальной работы для начала необходимо переместить в рабочую область редактора все необходимые объекты. Вкладка «Hierarchy» является рабочим полем. В библиотеке в папке VirtualLab/_LabCore файлы “_Config”, “_Core”, “_Formula”, “_Light” и “_MainCamera”



Рис. 7: Окно добавления нового физического объекта

необходимо с помощью перетаскивания разместить на рабочей области. Существует три способа для создания новых физических объектов:

1. Применение окна «Добавить физический объект» (Рис. 7.). Данное окно появляется после подключения плагина. Здесь нужно указать идентификатор нового объекта, указать тип объекта (шар, цилиндр, блок, груз, и т.д.) и указать его начальные параметры. После нажатия кнопки «Добавить» новый физический объект добавляется на сцену.

2. Использование мультимедийных объектов из библиотеки. В директории Resources/Prefabs размещены файлы готовых физических объектов.

3. Создание нового физического объекта. Пользователь может создавать собственные физические объекты, выполняя команду меню GameObject -> Create New Object. При этом методом перетаскивания объекту назначаются необходимые функциональность и физические свойства. Все доступные физические свойства размещены в директории PhysicsAssets/Properties (Рис. 8.).

После создания всех необходимых физических объектов пользователь может описать преобразование физических объектов с помощью формул (Рис. 9). Для написания формул необходимо применить объект «_Formula». Для этого необходимо открыть окно «Inspector» где появится текстовое поле для ввода формул. Вместо переменных в формулах необходимо указывать ссылки на свойства физических объектов, расположенных на рабочей области, поэтому переменные необходимо писать в формате <Идентификатор объекта>_<Имя физического свойства>.

Для публикации созданной виртуальной лабораторной работы следует перейти к меню File -> Build Settings. В окне настроек указать текущую рабочую сцену, тип публикации «Web player» и нажать кнопку «Build», указать место для сохранения конечного файла, после чего за несколько секунд создается файл виртуальной лабораторной работы.

Процесс отображения ВЛР. Созданная виртуальная лабораторная работа содержится в физическом файле с расширением «*.unity». Такие файлы могут быть представлены в виде встроенного мультимедийного объекта в любом браузере с помощью плагина Unity Web Player.

Применяя возможности системы в управлении контентом, пользователь формирует содержимое страницы виртуальной лабораторной работы: указывает тему, ход работы и место размещения мультимедийного объекта. При загрузке созданной страницы в окне браузера пользователь имеет доступ к мультимедийному объекту виртуальной лабораторной работы. Для запуска программного объекта необходимо нажать кнопку «Рассчитать» для выполнения вычислений с помощью математического пакета Maple. Например, таким образом выглядит виртуальная лабораторная работа «Изучение равноускоренного движения (устройство Атвуда)» Рис.10.

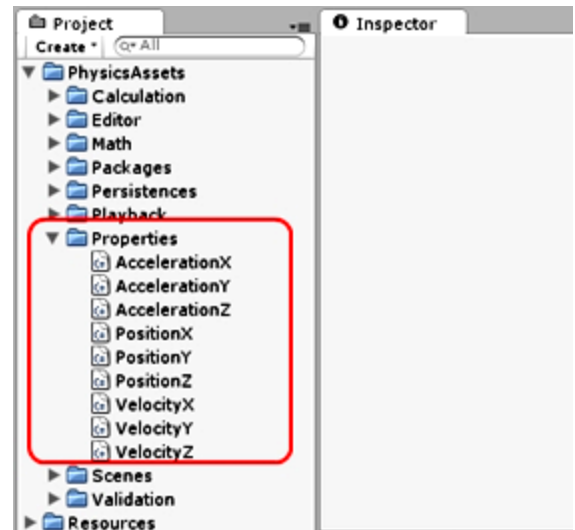


Рис. 8: Окно добавления нового физического объекта

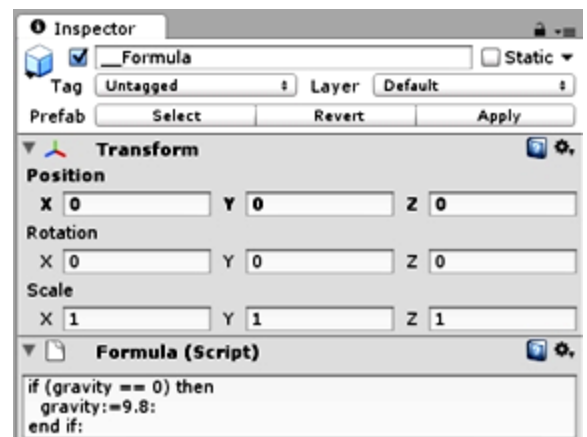


Рис. 9: Окно редактирования формул

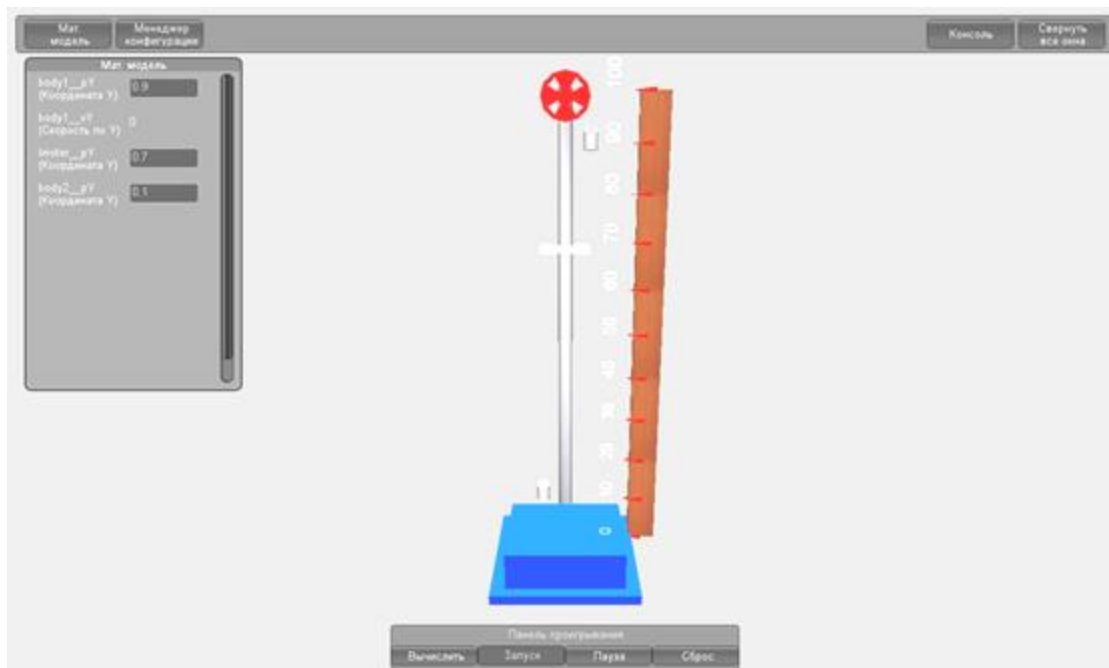


Рис. 10: Интерфейс виртуальной лабораторной работы

Представленная технология разработана в виде отдельного программного модуля и может быть внедрена в дистанционную систему как веб-сервис. При этом выполнено главное требование – соответствие ВЛ стандарту (IMS, SCORM) на уровне постановки учебной задачи, обеспечения выполнения учебной работы и оценивания результатов, для учета в рейтинговой системе оценивания. Также выполнено требование обеспечения упаковки этого типа ресурса для переноса в другую обучающую систему.

Выводы

Описан разработанный программный модуль виртуальной лаборатории с использованием технологий Unity3D, который внедрен в СДО Херсонский виртуальный университет. Этот модуль предназначен для поддержки дистанционного учебного процесса. В статье описаны объекты программного модуля, технологии их создания, и основные режимы работы. Применение данного программного интерфейса позволит преподавателям создавать лабораторные работы и использовать их в своих дистанционных курсах. Учащиеся, в свою очередь, смогут проводить исследования, выполняя виртуальные лабораторные работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биков В. Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: Монографія/ В. Ю. Биков – К.: Атіка, 2009. – 684 с.
2. Козловський Є. О. Віртуальна лабораторія в структурі системи дистанційного навчання / Є. О. Козловський, Г. М. Кравцов // Інформаційні технології в освіті. Випуск 10. – Херсон. – 2011. – С. 102 – 109.
3. Козловський Є. О. Объектная модель структуры программного обеспечения виртуальной лаборатории в системе Херсонский виртуальный университет / Є. О. Козловський, Г. М. Кравцов // Інформаційні технології в освіті. Випуск 12. – Херсон. – 2012. – С. 55 – 60.
4. Гаврилова Т. А. Базызнаний интеллектуальных систем / [Т. А. Гаврилова, и др.] – С.-Пб: Питер, 2000. – 384 с.
5. Гради Буч. Объектно-ориентированный анализ и проектирование / Вильямс, 2008.
6. Материалы сайта Инфотехно – Сравнительная характеристика систем дистанционного обучения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.infotechno.ru/analizSDO.htm>
7. Готская И. Б. Аналитическая записка « Выбор системы дистанционного обучения» / И. Б. Готская, В. М. Жучков, А. В. Кораблев – РГПУ им. А.И. Герцена