

**Дайнеко Е.А.^{1,2}, Ипалакова М.Т.¹, Цой Д.Д.¹, Бауржан Ж.Б.¹,
Елгонды Е.К.¹, Болатов Ж.Ж.¹**

¹Международный университет информационных технологий,
Казахстан, г. Алматы, e-mail: yevgeniyadaineko@gmail.com

²Институт прикладных наук и информационных технологий,
Казахстан, г. Алматы

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКИ

С развитием информационных технологий развиваются и другие отрасли, становятся популярными совершенно иные, незнакомые прежде способы общения, творения, изучения чего-либо. Таким образом, современный мир предъявляет все более новые требования к процессу обучения. Однако, несмотря на развитие дистанционного и инклюзивного образования, естественные науки в силу своих особенностей отстают от других в сфере применения новых технологий. Это обусловлено тем, что для эффективного приобретения навыков работы с оборудованием и умения анализировать экспериментальные данные, физика, химия и прочие точные дисциплины требуют выполнения лабораторных работ. Однако для этого необходимы специально оборудованные лаборатории, которые не всегда укомплектованы в учебных заведениях. Тогда на помощь приходят новые технологии, такие как компьютерная графика, дополненная реальность, вычислительная динамика и пр.

В данной статье рассмотрено использование современных технологий в сфере образования. Проведен анализ внедрения различных инновационных разработок на базе виртуальной реальности в некоторые сферы современной жизни. В работе приведены преимущества и возможности применения образовательных ресурсов, основанных на виртуальной реальности, в образовании и, в частности, для изучения физики. Авторами представлен собственный программный продукт, позволяющий изучать физику с помощью виртуальной реальности. Подобный подход позволил сделать взаимодействие с приложением более интересным и запоминающимся, а обучение более эффективным. В качестве платформы разработки была выбрана межплатформенная среда Unity 3D. Основной функционал был написан на C#. Графические модели создавались при помощи Substance Painter. В статье рассмотрен процесс разработки представленного приложения, его функционал, а также пользовательский интерфейс.

Проделанная работа позволила авторам определить преимущества использования новых технологий в изучении физики и показала, что они открывают новые перспективы для их широкого применения на разных этапах обучения в учебных заведениях различных уровней. Этот подход помимо приведенных выше преимуществ делает процесс обучения безопасным, интересным и более доступным. В результате было получено не только программное обеспечение, но и новый опыт, который будет использоваться для дальнейшего развития и исследований.

Ключевые слова: Виртуальная реальность, unity 3D, leap motion, виртуальная физическая лаборатория, физика.

Daineko Ye.A.^{1,2}, Ipalakova M.T.¹, Tsoy D.D.¹, Baurzhan Zh.B.¹,
Yelgondy Ye.K.¹, Bolatov Zh.Zh.¹

¹International University of Information Technologies,
Kazakhstan, Almaty, e-mail: yevgeniyadaineko@gmail.com

²Institute of Applied Sciences and Information Technologies, Kazakhstan, Almaty

The use of virtual reality technology in the studying of physics

With the development of information technology, other industries are also developing, completely new and unfamiliar ways of communication, creation, and learning are becoming popular. Thus, the modern world makes new demands on the learning process. However, despite the development of distance and inclusive education, the natural sciences due to their peculiarities lag behind other fields of science. This is due to the fact that in order to effectively acquire skills in working with equipment and the ability to analyze experimental data, physics, chemistry, and other exact sciences require executing laboratory works. However, this requires specially equipped laboratories that are not always staffed in educational institutions. Then, new technologies, such as computer graphics, augmented reality, computational dynamics and others come to the rescue.

This article discusses the use of modern technologies in the field of education. The analysis of the introduction of various innovative developments with the virtual reality into some spheres of modern life was also conducted. The work introduces the advantages and possibilities of using educational resources based on the virtual reality in education and, in particular, for studying physics. The authors present the software that allows studying physics with the help of virtual reality. Such approach made the interaction with the application more interesting and memorable, and learning more effective. As development platform the cross platform Unity 3D environment was chosen. The main functionality was written in C#. Graphic models were created using Substance Painter. Additionally, in the article the development process of the application was considered along with its functionality and user interface.

The work done allowed the authors to identify the advantages of using new technologies in the study of physics and showed that they open new prospects for their wide application at different stages of education in educational institutions of various levels. This approach in addition to the advantages mentioned above makes the learning process safe, interesting and more accessible. As a result, not only software was developed, but new experience was gained, which will be used for further development and research.

Key words: Augmented reality, virtual reality, unity 3D, leap motion, virtual physical laboratory, physics.

Дайнеко Е.А.^{1,2}, Ипалакова М.Т.¹, Цой Д.Д.¹, Бауржан Ж.Б.¹,
Елғонды Е. Қ.¹, Болатов Ж.Ж.¹

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,
Қазақстан, Алматы қ., e-mail: yevgeniyadaineko@gmail.com

²Қолданбалы ғылымдар және ақпараттық технологиялар институты,
Қазақстан, Алматы қ.

Физиканы оқыту үшін виртуалды шындық технологиясын қолдану

Ақпараттық технологиялардың дамуымен басқа да салалар дамиды, бұрын таныс емес қарым-қатынас, бірденені жасау, зерттеу әдістері танымал болады. Осылайша, заманауи әлем оқыту үдерісіне жаңа талаптар қояды. Алайда, қашықтықтан және инклюзивті білім берудің дамуына қарамастан, жаратылыстану ғылымдары өз ерекшеліктеріне байланысты жаңа технологияларды қолдану саласында басқа салалардан артта қалып отыр. Бұл, құрал-жабдықтармен жұмыс істеу дағдыларын тиімді меңгеру және эксперименталды мәліметтерді талдау үшін физика, химия және басқа да нақты пәндер зертханалық жұмыстарды орындауды қажет ететіндігімен байланысты. Алайда бұл үшін арнайы жабдықталған зертханалар қажет, ал олармен әрдайым оқу орындары жабдықтала бермейді. Осы жағдайда көмекке компьютерлік графика, толықтырылған шындық, есептеу динамикасы және тағы да басқа жаңа технологиялар келеді.

Бұл мақалада білім беру саласындағы заманауи технологияларды пайдалану қарастырылған. Қазіргі өмірдің кейбір салаларына виртуалды шындық базасында түрлі инновациялық әзірлемелерді енгізуге талдау жүргізілді. Жұмыста виртуалды шындыққа негізделген білім беру ресурстарын оқу процесінде, атап айтқанда, физиканы зерттеу үшін, қолданудың артықшылықтары мен мүмкіндіктері келтірілген. Авторлармен виртуалды шындық арқылы физиканы зерттеуге мүмкіндік беретін жеке бағдарламалық өнім ұсынылған. Мұндай тәсіл қосымшамен өзара қарым-қатынасты қызықты әрі есте қаларлық, ал оқу процесін неғұрлым

тиімді етуге мүмкіндік берді. Әзірлеу платформасы ретінде Unity 3D платформааралық ортасы таңдалды. Негізгі функционал C#-та жазылған. Графикалық модельдер Substance Painter көмегімен жасалды. Мақалада ұсынылған қосымшаларды әзірлеу процесі, оның функционалды, сондай-ақ пайдаланушы интерфейсі қарастырылған.

Атқарылған жұмыс авторларға физиканы зерттеуде жаңа технологияларды пайдаланудың артықшылықтарын анықтауға мүмкіндік берді және олар әртүрлі деңгейдегі оқу орындарындағы оқу процесінің әртүрлі кезеңдерінде оларды кеңінен қолдану үшін жаңа перспективаларды ашатынын көрсетті. Бұл тәсіл жоғарыда келтірілген артықшылықтардан басқа оқыту процесін қауіпсіз, қызықты және қолжетімді етеді. Нәтижесінде бағдарламалық қамтамасыз ету ғана емес, одан әрі даму мен зерттеу үшін пайдаланылатын жаңа тәжірибе алынды.

Түйін сөздер: толықтырылған шындық, виртуалды шындық, unity 3D, leap motion, виртуалды физикалық зертхана, физика.

Введение

Внедрение новых информационных технологий, наряду с компьютеризацией учебных заведений и инновационной деятельностью профессорско-преподавательского состава высших учебных заведений, являются основными направлениями комплексной модернизации образования, которым уделяется особое внимание не только во всем мире, но и в Казахстане [1, 2, 3, 4]. Примером тому является программа развития «Цифровой Казахстан», разработанная правительством республики. Одной из целей данной программы является повышение цифровой грамотности населения, в том числе в среднем, техническом и профессиональном, а также высшем образовании, подготовка и переподготовка кадров. На сегодняшний день мы можем наблюдать мировую тенденцию – Индустрия 4.0 – по массовому внедрению киберфизических систем, таких как искусственный интеллект, виртуальная и дополненная реальность, квантовые вычисления, 3D печать, а также автономных роботов в производство и повседневную жизнь, включая и образование. На данную сферу информационные технологии также оказывают огромное влияние, причем не только со стороны компьютеризации всех бизнес-процессов высших и средних учебных заведений, как и любых организаций, но и со стороны внедрения новых методик и средств обучения, основывающихся на современных технологиях. В последнем направлении видное место занимают компьютерные обучающие системы, например, такие как виртуальные лаборатории, позволяющие проводить опыты при полном отсутствии реальной установки, в которых все процессы моделируются при помощи компьютера [5, 6].

В настоящее время восприятие изучаемого материала обучающимися может быть улучшено с помощью новых элементов визуализации и

жестов, которые предлагают современные цифровые технологии. В частности, с технологией виртуальной реальности (VR – Virtual Reality) на передний план выходят новые способы обучения, которые дают возможность раскрыть интерес обучающегося к изучаемому предмету, стимулируют позитивные эмоции, ускоряют процесс изучения и помогают лучшему усвоению. VR привносит в процесс обучения элемент игры, что, безусловно, позитивно сказывается на результатах обучающихся.

Так, в [7] рассматривается анализ виртуальной среды, используемой для изучения студентами вопросов развития туризма и связанных с ними воздействий. Виртуальная реальность используется для полного погружения студентами в окружающую среду. Данный подход способен предоставить участникам целостный опыт реальной окружающей среды, который в реальной действительности обходится дорого, в особенности для групп с большим количеством участников. Педагогическая ценность такого опыта достигается за счет погружения в среду, основанную на реальности, взаимодействия со сложными и неоднозначными ситуациями и информацией, а также взаимодействия с пространством, другими студентами и преподавателями. Результаты демонстрируют, что разработка подобных сложных виртуальных сред для обучения возможна, однако основная проблема заключается в достижении высокого уровня интерактивности.

Изучение и преподавание понятий алгебры часто сопровождается проблемами, как для студентов в плане понимания, так и для преподавателей в плане подачи материала. В [8] приведен пример курса, в котором изучение алгебры предлагается с помощью технологии виртуальной реальности. Авторами был разработан открытый образовательный ресурс Virtual Algebra Tiles, который дает возможность учащимся рас-

ширить свои знания о понятиях алгебры, используя компьютер. Результаты показали, что такая система обучения для студентов является более комфортной, преобразуя процесс обучения в приятную задачу.

В [9] было проведено исследование, как одаренные студенты воспринимают виртуальные программы. Студенты были зачислены на виртуальный курс. Данные собирались через асинхронные фокус-группы на интерактивной доске обсуждений, с помощью наблюдений за синхронными занятиями в их виртуальном классе, а также индивидуальных интервью с участниками. Исследования показали, что возникали некоторые технические трудности в основном из-за ошибок оператора или неиспользования доступных инструментов. С точки зрения учебной программы и педагогики, участники увидели небольшую разницу между классическими и виртуальными классными комнатами. Можно сделать вывод, что для одаренных учеников качество содержания и обучения превосходит реальность сред обучения. Данная информация может быть использована в дальнейшем для улучшения качества on-line образования либо для создания новых образовательных ресурсов.

В статье [10] изучается восприятие преподавателей в отношении интеграции виртуальной реальности в процесс обучения с помощью тематического исследования на факультете информационных технологий (ИТ) в университете на Ближнем Востоке. Респонденты, опрошенные в этом исследовании, состояли из преподавателей. Был использован количественный метод: среди преподавателей ИТ в Интернете была распространена адаптированная анкета, которая оценивала их мнение о возможности применения виртуальной реальности как учебного пособия. Статистические методы были использованы для анализа данных анкет. Результаты, полученные на основе количественных данных, выявили готовность преподавателей использовать системы VR в качестве дополнительного обучающего инструмента, их намерение включить их в учебный процесс в будущем, барьеры на пути использования технологий, предварительные знания пользователей в области технологий. Результаты также показали, что обучение может быть максимально эффективным с интеграцией технологии VR. В статье также приведены рекомендации для облегчения использования технологии VR в качестве средства обучения.

Специально разработанная и протестированная среда обучения виртуальной реально-

сти [11] может предложить студентам-медикам средства доступа к учебным материалам и их повторного изучения, улучшая, таким образом, качество усвоения. Кроме того, использование таких средств обучения делает медицинское образование более доступным. В статье также показано, что виртуальная реальность (VR) обладает уникальным потенциалом для трансформации медицинского образования и предлагает увеличение инвестирования в развитие подобных технологий и возможность сотрудничества с разработчиками.

В [12] рассматривается использование технологий виртуальной реальности для получения информации об эвакуации, что является ключом к снижению травматизма и увеличению уровня выживания. Серьезные игры (Serious games (SGs)) на основе иммерсивной виртуальной реальности представляют собой инновационный подход к обучению и воспитанию людей в игровой среде. Данная статья направлена на понимание разработки и внедрения подобных серьезных игр в контексте обучения и исследований в области эвакуации зданий, применяемых к различным чрезвычайным ситуациям в помещении, таким как пожар и землетрясение. В [13] изучалась эффективность использования иммерсивной виртуальной реальности для изучения последствий изменения климата, в частности для изучения кислотности морской воды. Исследования показали, что после опыта погружения в виртуальную реальность люди продемонстрировали хороший уровень знаний, любознательность в области науки о климате, а в некоторых случаях показали более осознанное отношение к окружающей среде. Анализ также показал, что иммерсивная виртуальная реальность является многообещающим дополнительным механизмом для эффективного обучения, так как чем больше люди исследовали среду пространственного обучения, тем более высокий уровень знаний об изменении окружающей среды они демонстрировали. Кроме того, успехи в обучении были показаны при различных условиях: уровень участников (средняя школа, студенты колледжа, взрослые), степень (результаты обучения, отслеживание данных о движении в виртуальном мире, качественные ответы), и контент (были протестированы множественные версии об изменениях климата). Таким образом, иммерсивные виртуальные среды являются эффективным средством при изучении изменения климата.

В [14] рассматривается использование технологии виртуальной реальности для изучения архитектуры. Благодаря своей эмпирической природе технология VR может быть очень эффективна для получения архитектурного образования. Авторами разработано приложение LADUVR, которое пользователи могут использовать на строительной площадке для более внимательного изучения архитектурных деталей и проверить, что они узнали в интерактивной и захватывающей среде. Также в статье приведено сравнение между традиционными методами обучения и применением технологии виртуальной реальности.

Использование инновационных технологий в музейной деятельности, таких как технология виртуальной реальности, является актуальным, потому что данная технология позволяет представлять информацию в более наглядной, интересной и запоминающейся форме, в результате чего появляется возможность привлечь больше посетителей. В [15] предложено руководство по разработке образовательных игр в сотрудничестве с музеем. Авторы показали, что мини-образовательные игры с использованием технологии виртуальной реальности значительно помогают учащимся в изучении художественных концепций.

В данной статье представлен образовательный ресурс, реализованный в виде приложения с набором практических заданий для изучения физики с использованием технологии виртуальной реальности. Данное приложение разработано в Международном университете информационных технологий (Алматы, Казахстан).

Разработка виртуальной лаборатории по физике

Международный университет информационных технологий имеет опыт использования информационных технологий в учебном процессе. Например, по дисциплине «Физика» лабораторные работы выполняются виртуально с помощью разработанного авторами приложения. Моделирование физических экспериментов осуществляется в виртуальной среде [5]. Студенты имеют возможность задать начальные параметры и наблюдать физический процесс сколько угодно много раз.

Представленный в данной статье проект связан с применением виртуальной реальности в процессе изучения физики. Авторами было

создано приложение с набором практических заданий по физике с использованием VR. Разработанное приложение предоставляет доступ к физическим задачам по таким разделам, как кинематика, основы динамики, элементы статики, законы сохранения в механике, механические колебания и волны, молекулярная физика и термодинамика. Одной из отличительных особенностей предлагаемого приложения является его полиязычность. Пользователю предоставляется возможность выбора казахского, русского или английского языка взаимодействия с приложением. Следовательно, данный образовательный ресурс может применяться не только в Казахстане, но и за рубежом.

В данном проекте для разработки программного обеспечения использовалась межплатформенная среда разработки компьютерных игр игровой движок Unity 3D от компании Unity Technologies [16]. Приложение работает с проводным датчиком движения Leap Motion [17], предназначенным для ручного отслеживания в виртуальной реальности.

Представленное приложение виртуальной лаборатории с использованием Leap Motion состоит из компонентов, приведенных на рисунке 1. Структура состоит из Главного запуска, который открывает приложение и вызывает два следующих модуля: задачи по разделам «Механика», «Электростатика» и др. и задачи, с поддержкой контроллера Leap Motion. Пользователю виден лишь графический интерфейс, однако за ним скрываются еще три компонента: общая папка, содержащая модели, скрипты и другие необходимые ресурсы, отдельные папки для конкретной задачи и папка, необходимая для корректной работы Leap Motion.

Взаимодействие пользователя с приложением описывается на рисунке 2. Здесь приведены возможные действия, осуществляемые пользователем. Так, например, пользователь в начале работы должен подключить контроллер Leap Motion. Только после этого ему становится доступен весь функционал приложения. В нем он может выбрать задачу, посмотреть условие, решение, включить демонстрацию, а также изменять ее параметры. Все это происходит благодаря Menu Controller, так как именно с помощью него пользователь взаимодействует с приложением.

На рисунке 3 представлено главное меню приложения с интегрированным в него контроллером Leap Motion.

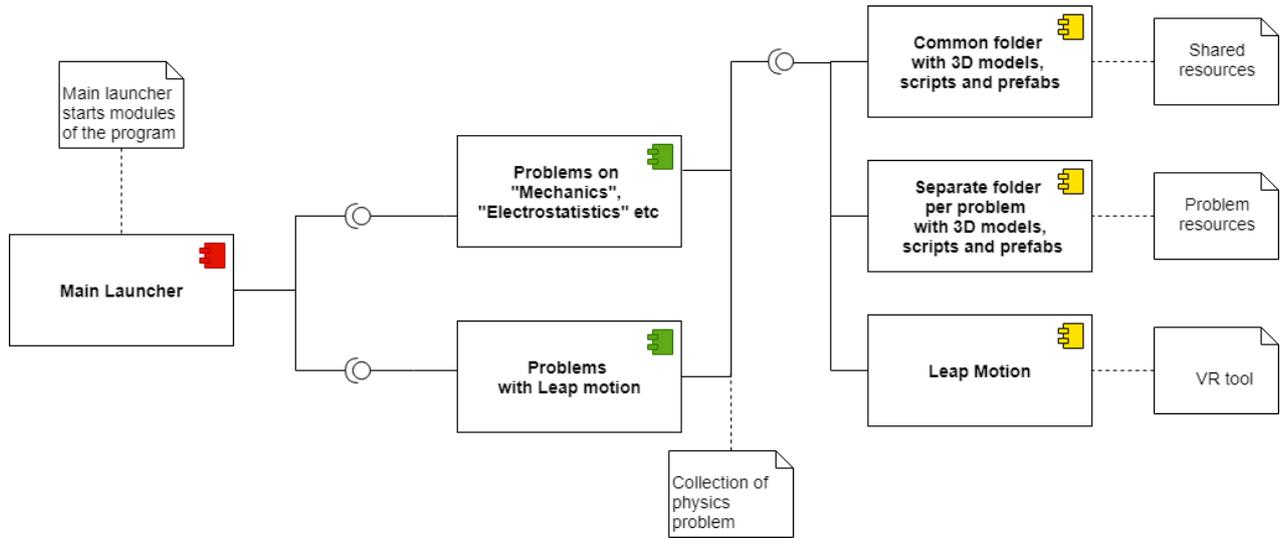


Рисунок 1 – Диаграмма компонентов приложения с Leap Motion

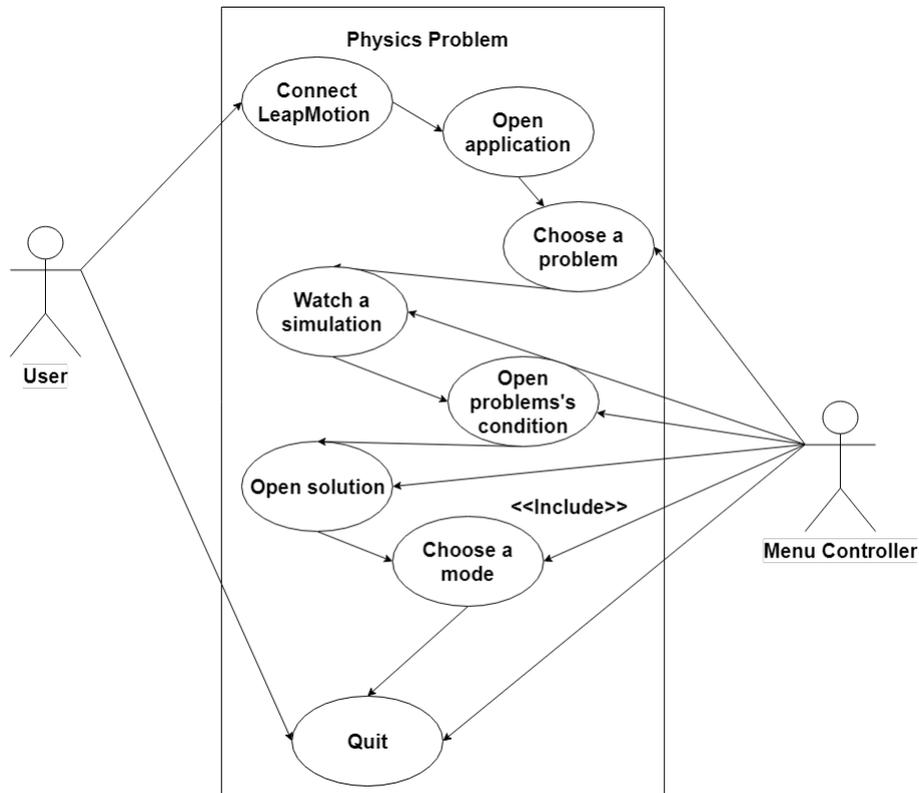


Рисунок 2 – Диаграмма вариантов использования

Каждая задача содержит условие, анимированную сцену задачи и решение. Рассмотрим пример реализации задачи с маятником. Условие задачи состоит в следующем: изменится ли период колебания математического

маятника, если его поместить в воду? Маятнику придана идеально обтекаемая форма, так что трением об воду можно пренебречь. Демонстрация эксперимента представлена на рисунке 4 (а, б).

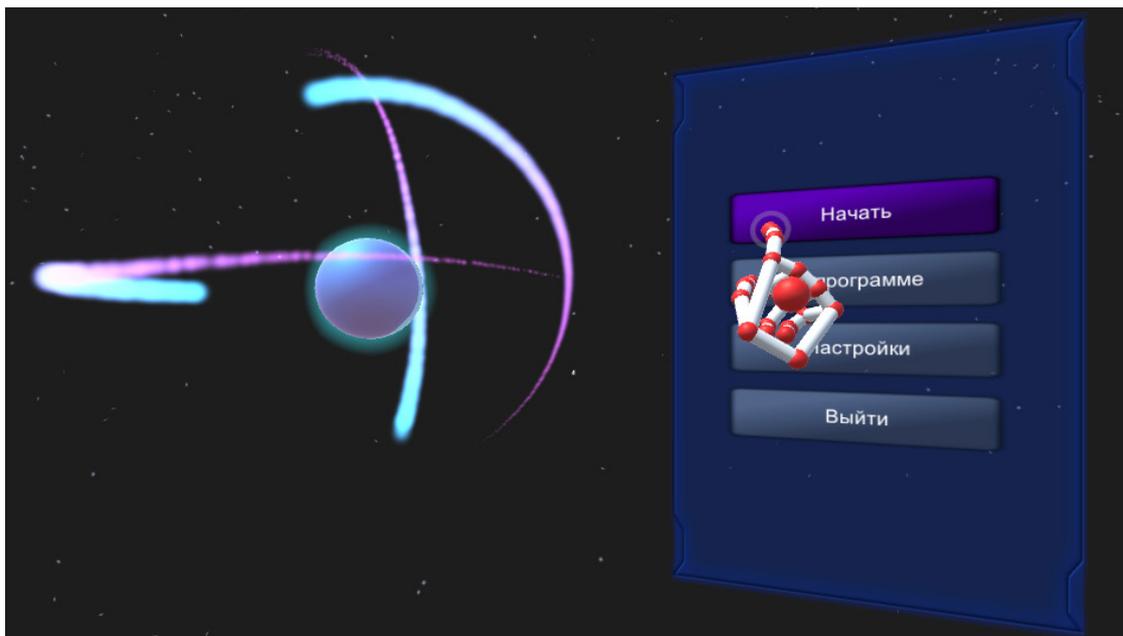
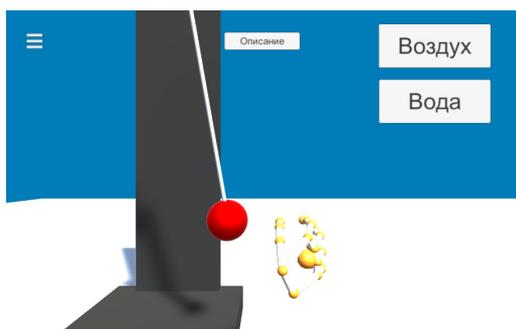


Рисунок 3 – Главное меню приложения с Leap Motion



а)



б)

Рисунок 4 – Пример задачи с Leap Motion

Интерактивное управление организовано с помощью контроллера Leap Motion, клавиатуры и камеры обзора (управление мышкой), что позволяет также вращать 3D сцены в различных направлениях. Кроме того, программа позволяет увеличивать исследуемые объекты для более детального обзора. При изменении положений и точек обзора происходит обновление диалогового окна. Интерактивность в данной работе является основным преимуществом, обеспечивающим наглядность и быстрое усвоение изучаемого материала.

Заключение

Разработка представленного виртуального комплекса стала возможной благодаря развитию

современных информационных технологий. Их нынешний уровень позволяет воплощать самые разнообразные проекты, что открывает новые горизонты для создания обучающих ресурсов и инструментов на качественно другом уровне. С развитием технологий развивается и общество, что, в свою очередь, требует применения новых подходов в обучении. Таким образом, использование новейших технических средств помогает создавать совершенно другие, оригинальные по своей структуре обучающие программы, интересные нынешнему поколению студентов и учащихся иных учебных заведений. Полагаем, что созданная нами виртуальная лаборатория по дисциплине «Физика» есть программа, которая отвечает требованиям современности и является эффективной в изучении данного

предмета. В настоящее время авторами ведется постоянная работа по разработке новых практических заданий и их интеграции в состав лаборатории.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке КН МОН РК по программе грантового финансирования научных исследований на 2018-2020 гг., грант №АР05135692.

Литература

- 1 Marmar Mukhopadhyay , Madhu Parhar. ICT in Indian Higher Education Administration and Management // ICT in Education in Global Context Part of the series Lecture Notes in Educational Technology. – 2014. – P. 263-283.
- 2 Chee-Kit Looi, W.L. David Hung. ICT-in-Education Policies and Implementation in Singapore and Other Asian Countries // Upon What Does the Turtle Stand? – 2005. – P. 27-39.
- 3 Uchenna R. Efobi, Evans S. Osabuohien. Technological Utilization in Africa: How Do Institutions Matter? //Technology and Innovation for Social Change. – 2014. – P. 67-84.
- 4 Samia Mohamed Nour. Overview of the Use of ICT and the Digital Divide in Sudan. Information and Communication Technology in Sudan. // Part of the series Contributions to Economics. – 2014. – P.127-266.
- 5 Daineko Ye., Dmitriyev V. and Ipalakova M. Using Virtual Laboratories in Teaching Natural Sciences: An Example of Physics // Computer Applications in Engineering Education. – 2017. – Vol.25, Iss.1. – P. 39-47.
- 6 Daineko, Y.A., Ipalakova, M.T., and Bolatov, Zh.Zh.. Employing Information Technologies Based on .NET XNA Framework for Developing a Virtual Physical Laboratory with Elements of 3D Computer Modeling // Programming and Computer Software, Volume 43, Issue 3, May 2017 – P. 161-171.
- 7 Christian Schott, Stephen Marshall. Virtual reality and situated experiential education: A conceptualization and exploratory trial // Journal of computer assisted learning. – 2018. – Vol.6, Iss. 34. – P. 843-852.
- 8 Juan Garzón, Julián Bautista. Virtual Algebra Tiles: A pedagogical tool to teach and learn algebra through geometry //Journal of computer assisted learning. – 2018. – Vol.6, Iss. 34. – P. 876-883.
- 9 Jessica Alison Potts. Profoundly Gifted Students' Perceptions of Virtual Classrooms. //Gifted child quarterly. – 2018. – Vol.63, Iss. 1. – P. 58-80.
- 10 Salsabeel F.M. Alfalah Education and information technologies, 23 (6), 2633-2653 (2018).
- 11 D. King, S. Tee, L. Falconer, C. Angell, D. Holley, A. Mills, Nurse Education Today, 71, 7–9 (2018).
- 12 Z. Fenga, V. A. González, R. Amor, R. Lovreglioc, G. Cabrera-Guerrerod, Computers & Education, 127, 252 (2018).
- 13 Markowitz DM, Laha R, Perone BP, Pea RD and Bailenson JN Immersive Virtual Reality Field Trips Facilitate Learning About Climate Change. //Front. Psychol. – 2018. – Vol.9. – P.2364.
- 14 Sayyed Amir Hossain Maghool, Seyed Hossein (Iradj) Moeini, Yasaman Arefazar //Archnet-IJAR. – 2018. – Vol.12, Iss.3. – P. 246-272.
- 15 Bossavit B., Pina A., Sanchez-Gil, I., & Urtasun, A. Educational Games to Enhance Museum Visits for Schools. //Educational Technology & Society. – 2018. – Vol.21 (4). –P.171–186.
- 16 <https://unity3d.com/company>
- 17 <https://www.leapmotion.com/>

References

- 1 Marmar Mukhopadhyay , Madhu Parhar, ICT in Education in Global Context Part of the series Lecture Notes in Educational Technology, 263-283 (2014).
- 2 Chee-Kit Looi, W.L. David Hung. ICT-in-Education Policies and Implementation in Singapore and Other Asian Countries. Upon What Does the Turtle Stand? 27-39 (2005).
- 3 Uchenna R. Efobi, Evans S. Osabuohien. Technological Utilization in Africa: How Do Institutions Matter? Technology and Innovation for Social Change, 67-84 (2014).
- 4 Samia Mohamed Nour, Overview of the Use of ICT and the Digital Divide in Sudan. Information and Communication Technology in Sudan, Part of the series Contributions to Economics, 127-266 (2014).
- 5 Ye. Daineko, V. Dmitriyev, and M. Ipalakova, Computer Applications in Engineering Education, 25 (1), 39-47 (2017).
- 6 Y.A. Daineko, M.T. Ipalakova, and Zh.Zh. Bolatov, Programming and Computer Software, 43 (3), 161-171 (2017).
- 7 C. Schott, S. Marshall, Journal of computer assisted learning, 6 (34), 843-852 (2018).
- 8 J. Garzón, J. Bautista, Journal of computer assisted learning, 6 (34), 876-883 (2018).
- 9 J.A. Potts, Gifted child quarterly, 63 (1), 58-80 (2018).
- 10 Salsabeel F. M. Alfalah, Education and information technologies, 23(6), 2633-2653 (2018).
- 11 D. King, S. Tee, L.Falconer, C. Angell, D. Holley, A. Mills, Nurse Education Today, 71, 7–9 (2018).
- 12 Z. Fenga, V. A. González, R. Amor, R. Lovreglioc, G. Cabrera-Guerrerod, Computers & Education, 127, 252–2 (2018).
- 13 D.M. Markowitz, R. Laha, B.P. Perone, R.D. Pea and J.N. Bailenson, Front. Psychol., 9, 2364 (2018)
- 14 Sayyed Amir Hossain Maghool, Seyed Hossein (Iradj) Moeini, Yasaman Arefazar Archnet-IJAR, 12 (3), 246-272 (2018).
- 15 B. Bossavit, A. Pina, I. Sanchez-Gil, & A. Urtasun, Educational Technology & Society, 21 (4), 171–186 (2018).
- 16 <https://unity3d.com/company>
- 17 <https://www.leapmotion.com/>