

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ

Девяткин Е.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ГОУ ВО «Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета», Стерлитамак, e-mail: mediadidaktika@mail.ru

---

Эффективность учебного процесса в значительной степени зависит от использования передовых методов проведения учебного процесса. Интерактивные программы позволяют пробудить глубокий интерес обучающихся к физике, сделать подачу материала более доступной и интересной. Оснащение современного учебного заведения новыми техническими средствами для проведения виртуального компьютерного эксперимента открывает широкие перспективы для развития исследовательской активности. В работе описаны некоторые созданные компьютерные модели экспериментальных задач по общей физике. Созданные модели работают в режиме реального времени под управлением электронных блоков, позволяющих запускать и приостанавливать физический процесс или явление, а также приводить его к первоначальному состоянию. В моделях используется технология Drag-an-Drop, позволяющая перемещать с помощью мыши объекты экспериментальной задачи. Модели электронных экспериментальных задач по физике имеют ряд изменяемых параметров, что позволяет создавать на их основе обратные задачи количеством, равным числу переменных, включенных в условие задачи. Созданные компьютерные модели экспериментальных задач могут использоваться как при очном, так и при дистанционном изучении курса общей физики.

---

Ключевые слова: компьютерное моделирование, экспериментальная задача, физический эксперимент, общая физика, электронное обучение.

## COMPUTER MODELING OF EXPERIMENTAL PROBLEMS IN GENERAL PHYSICS

Devyatkin E.M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sterlitamak branch Bashkir state university, Sterlitamak, e-mail: mediadidaktika@mail.ru

---

The effectiveness of educational process largely depends on the use of advanced methods in teaching process. Interactive programs let students spark a deep interest in physics and make the presentation of educational material more available and interesting. Equipping a modern educational institution with the new technical means for conducting a virtual computer experiment opens up wide prospects for the development of researching activities. The work describes some of the created computer models of experimental problems in General Physics. Created models operate in real-time mode under control of the electronic blocks which allow to start and stop physical process or phenomenon, also to lead it on its original state. Drag-an-Drop technology is used in models which allows to move with the mouse objects of the experimental problem. The models of electronic experimental problems in physics have a number of changeable options which allow to create on their basis inverse problems a number of which is equal to the number of variables included in the condition of the task. Created computer models of the experimental problems can be used as in full-time learning of the course in General Physics as well as in distance learning.

---

Keywords: computer modeling, experimental problem, physical experiment, General Physics, electronic learning, distance learning.

Важным этапом образовательного процесса является проведение эксперимента, обеспечивающего создание и методологию познавательной деятельности, формирование творческого подхода, направленного на получение знаний. При использовании традиционных форм образовательного процесса подобная возможность может быть реализована в результате выполнения комплекса лабораторных работ или же занятий практического назначения.

Отсутствие необходимой аппаратуры ограничивает доступ учащихся к уникальному в

своем роде и профессиональному оборудованию, отдельным техническим объектам, проводимым экспериментам в режиме реального времени. Такие методы направлены на стимулирование получения навыков и умений, поэтому становятся актуальными виртуальные лабораторные и практические занятия, проводимые в систематическом режиме по предметам естественно-научного цикла [1-3], и по физике в частности.

За счет использования отдельных анимированных задач, специально созданных компьютерных моделей внедренное в практику компьютерное оборудование предоставит ученику при решении соответствующей задачи в виртуальном режиме полноценную визуализацию идеальной модели в рамках режима реального времени, использования облачных технологий или элементов игрофикации [4-8]. Кроме того, можно включить в рассмотрение многочисленные дополнительные факторы, за счет использования которых обеспечивается ее усложнение, приближая разработку к протекающему реальному процессу. Компьютерное оборудование обеспечивает моделирование отдельных ситуаций, которые не могут быть реализованы в рамках реально проводимого физического эксперимента.

В виртуальной среде устанавливается огромное множество различных моделей. Ряд рассматриваемых моделей направлен на наработку умений (с использованием конструкторов и тренажеров). Другие помогут максимально изучить проводимые физические явления, которые ранее были недоступны в созданных в лаборатории условиях, и получить желаемый результат. Использование виртуальных моделей обеспечит легкость и доступность процесса обучения, получение необходимого набора навыков, а также будет реализован принцип наглядности, являющийся основополагающим при применении информационных технологий в обучении физике [9-10].

При решении экспериментальных задач имеется набор приборов и принадлежностей или готовая лабораторная установка и предлагается найти с ее помощью неизвестную физическую величину. При этом требуется построить математическую зависимость величин, входящих в условие физической задачи, определить какие параметры будут являться исходными.

При компьютерном моделировании экспериментальных задач использовались технологии программного продукта Macromedia Flash [11-12]. В его основе лежит растровый графический редактор и встроенный язык объектно-ориентированного программирования ActionScript 2.0 [13].

На рис. 1 представлен внешний вид компьютерной интерактивной анимации, моделирующей экспериментальную задачу по механическим процессам, происходящим при выстреле из пушки под углом к горизонту. После выстрела из пушки определяется величина отката пушки от начального положения. Физическими величинами, описывающими данный

процесс, являются: начальная скорость снаряда, угол выстрела, массы снаряда и пушки, коэффициент трения пушки о поверхность, величина отката пушки после произведения выстрела. Согласно условию задачи требуется определить один из параметров, характеризующий данный процесс. Чаще всего в задачах такого типа требуется определить неизвестную величину: скорость снаряда, вылетевшего из пушки. Соответственно все другие четыре величины являются известными.

Аналитическое решение данной задачи основывается на использовании законов сохранения энергии и импульса и особых затруднений не вызывает:

$$S = \frac{1}{2\mu g} \left( \frac{mv \cos \alpha}{M - m} \right)^2.$$

Однако справедливость найденного решения может вызывать сомнения. Убедиться в его правильности или наличии ошибок можно, выполнив эксперимент. Для этого нужно задать все данные условия задачи и найденное значение скорости и произвести экспериментальную проверку, сделав выстрел из пушки. Величина отката пушки должна оказаться в полном соответствии с условием задачи. На базе созданной модели экспериментальной задачи могут быть созданы и обратные задачи. Количество типов задач при этом будет равно количеству переменных модели. В частности, в других задачах может иметь неизвестные значения одна из следующих величин: масса пушки, масса снаряда, угол выстрела или коэффициент трения пушки о поверхность. Выполнение эксперимента в рамках реально действующей установки является невозможным по определению. Однако использование данной модели позволяет решить эту проблему. Учащиеся, выполнив эксперимент, убеждаются в справедливости законов физики, используемых при решении задачи.

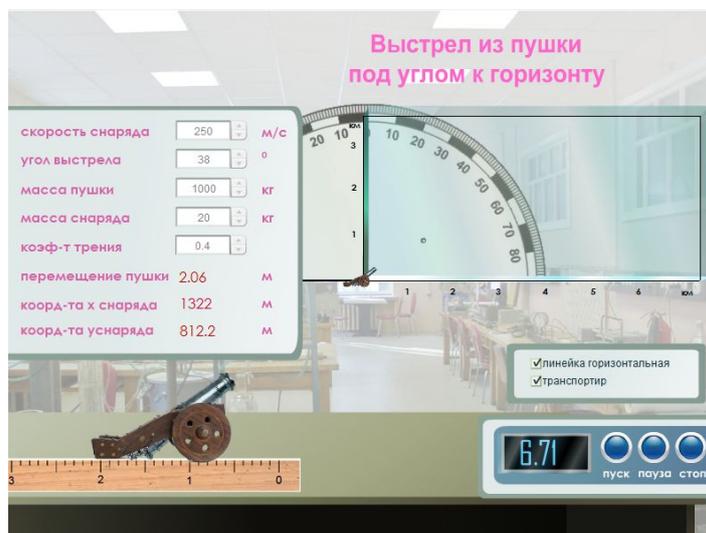


Рис. 1. Интерактивная электронная модель экспериментальной задачи по физике «Механические процессы при выстреле из пушки под углом к горизонту»

На рис. 2 представлена созданная модель экспериментальной задачи «Движение тела под действием силы Архимеда и силы тяжести». Главным рабочим телом модели является шар, материал которого можно изменять: пробка, сосна, дуб. Кроме него, имеется сосуд с жидкостью, вещество которого также можно изменять с помощью инструмента выбора. Тело с помощью технологии Drag-and-Drop или инструмента NumericStepper на панели инструментов погружается в сосуд с жидкостью и предоставляется само себе. Под действием силы Архимеда, действующей со стороны жидкости, тело приобретает ускорение и при достижении границы жидкости имеет некоторую начальную скорость. После этого тело поднимается на некоторую высоту. Глубина погружения и максимальная высота подъема тела определяется линейкой, перемещающейся с помощью указателя мыши. При составлении задачи возможно использование различных комбинаций материалов тела и жидкостей. В классической постановке задачи требуется определить неизвестную плотность материала тела. Для ее определения находится достаточно простое аналитическое решение высоты подъема тела, погруженного в жидкость  $H=h(\rho_{ж}/\rho_{т}-1)$ , где  $h$  – глубина погружения тела,  $H$  – максимальная высота подъема над поверхностью жидкости,  $\rho_{ж}$  и  $\rho_{т}$  – плотности жидкости и материала тела соответственно. Используя его, легко определить плотность материала тела:

$$\rho_{т}=\rho_{ж}/(H/h+1).$$

Используя данную модель, можно решить обратную задачу: определить плотность жидкости, если плотность материала известна, применив следующее выражение:

$$\rho_{ж}=(H/h+1)\rho_{т}.$$



Рис. 2. Интерактивная электронная модель экспериментальной задачи по физике «Движение тела под действием силы Архимеда и силы тяжести»

На рис. 3 представлена созданная электронная модель экспериментальной задачи

«Колебания тела на поверхности жидкости». Модель представлена твердым телом, имеющим форму цилиндрического поплавка, погруженного в сосуд с жидкостью. Будучи выведенным из положения равновесия с помощью указателя мыши и технологии Drag-and-Drop, поплавок начинает совершать колебания. Управление экспериментальной установкой задачи осуществляется с помощью электронного блока с секундомером и кнопками «Пуск», «Пауза» и «Сброс». При помощи кнопки «Пуск» включается секундомер и измеряется время совершения не менее 20 колебаний поплавка. В результате чего можно определить период или частоту колебаний. Соответствующая зависимость периода колебаний тела, погруженного в жидкость, является функцией его массы и радиуса, а также плотности жидкости и имеет вид:

$$T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho_{жс} g}}$$

Одна из этих переменных может быть неизвестной величиной, которую и требуется определить. Для этого необходимо найти решение соответствующей обратной задачи.



Рис. 3. Интерактивная электронная модель экспериментальной задачи по физике «Колебания тела на поверхности жидкости»

Отличительной особенностью интерактивной электронной модели экспериментальной задачи по физике, представленной на рис. 4 «Колебания математического маятника в электрическом поле конденсатора», является тот факт, что она не может быть реализована в реальном мире в связи с тем, что электрические заряды имеют свойство быстро стекать с течением времени. Однако может быть легко создана идеальная компьютерная модель, не подверженная внешнему воздействию окружающего мира, что и было продемонстрировано в этой работе. Компьютерная модель этой экспериментальной задачи имеет достаточно большое число параметров, каждая из которых может быть

искомой величиной, при отсутствии в условии ее значения: длина математического маятника, масса и заряд материальной точки тела маятника, напряжение между обкладками конденсатора и расстояние между ними. Период колебаний маятника определяется из эксперимента. Аналитическое же выражение периода колебаний этого маятника определяется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g + \frac{qU}{md}}}$$

Зная экспериментальное значение периода колебаний, можно рассчитать любую из неизвестных величин, значение которой отсутствует в условии задачи.



Рис. 4. Интерактивная электронная модель экспериментальной задачи по физике «Колебания математического маятника в электрическом поле конденсатора»

На рис. 5 представлена компьютерная модель экспериментальной задачи «Движение заряженных частиц в магнитном поле». Эта задача описывает явления, относящиеся к процессам микромира, где, как известно, присутствуют огромные скорости, малые массы и времена. Траекторией движения заряженной частицы, влетевшей в магнитное поле под некоторым углом к линиям магнитной индукции, будет являться винтовая линия. Характеристики этой винтовой линии будут зависеть от многих параметров: скорости, массы и частицы, угла между направлением скорости и вектором магнитной индукции. Эти характеристики, такие как шаг винтовой линии и ее радиус, являются чаще всего макроскопическими и могут быть измерены обыкновенной линейкой. Шаг винтовой линии определяется следующим аналитическим выражением:

$$H = \frac{2\pi m v}{Bq} \cos \alpha$$

В электронной модели экспериментальной задачи шаг и радиус винтовой линии

измеряется с использованием перемещающихся с помощью манипулятора «мышь» горизонтальной и вертикальной линеек соответственно. Зная значение этих параметров, можно легко определить неизвестную физическую величину.



Рис. 5. Интерактивная электронная модель экспериментальной задачи по физике «Движение заряженных частиц в магнитном поле»

Организация интерактивного диалога с учащимся активизирует и мотивирует познавательную деятельность. Использование дополнительных способов подачи информации увеличивает заинтересованность во время занятия. Особенно эффективно использование интерактивных материалов в дополнение к демонстрациям и лабораторным работам на учебных установках. Виртуальные интерактивные экспериментальные задачи по физике могут выполнять несколько функций. Они позволяют исследовать физические процессы за счет их моделирования, отрабатывают технические навыки обучающегося, знакомят с явлениями, недоступными для непосредственного изучения. Таким образом, формируется более полная физическая картина мира и расширяется кругозор.

С некоторыми созданными действующими моделями экспериментальных задач можно ознакомиться в открытом разделе сайта, посвященного виртуальным работам по физике [14].

*Работа выполнена при поддержке гранта Стерлитамакского филиала БашГУ В17-79 «Разработка виртуальных учебных лабораторий и экспериментальных установок для средней общеобразовательной школы».*

### Список литературы

1. Девяткин Е.М., Хасанова С.Л., Чиганова Н.В. Комплекс электронных лабораторных установок по общей физике // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 4. -

URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=24956> (дата обращения: 30.10.2017).

2. Хасанова С.Л. Компьютерная модель виртуальной химической лаборатории / С.Л. Хасанова, Е.М. Девяткин, Н.В. Чиганова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 9-2. – С. 360-364.
3. Хасанова С.Л. Компьютерная модель виртуальной биологической лаборатории по разделу «Цитология» / С.Л. Хасанова, И.А. Симонова // Современные наукоемкие технологии. - 2016. – № 9-1. – С. 89-92.
4. Чиганова Н.В. Технологии разработки электронно-образовательных ресурсов / Н.В. Чиганова, С.Л. Хасанова, Е.М. Девяткин // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 10-1. – С. 108-113.
5. Дмитриев В.Л., Каримов Р.Х. Применение облачных технологий, экспертных систем и принципа игрофикации при организации электронного обучения / В.Л. Дмитриев, Р.Х. Каримов // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12-3. – С. 413-416.
6. Дмитриев В.Л. Облачные технологии и игрофикация как основа научно-образовательной платформы для организации электронного обучения / В.Л. Дмитриев, Р.Х. Каримов // Профессиональное образование в России и за рубежом. – 2016. – № 2 (22). – С. 131-135.
7. Дмитриев В.Л., Каримов Р.Х. Организация электронного обучения на авторской образовательной платформе «облачная школа» // Информатика и образование. – 2016. – № 4 (273). – С. 25-28.
8. Каримов Р.Х. Использование принципа игрофикации при организации электронного обучения // Электронное обучение в непрерывном образовании. – 2015. - Т. 1. – № 1 (2). – С. 68-72.
9. Смирнов А.В. Новый курс «Информационные и коммуникационные технологии в физическом образовании» в системе подготовки бакалавров в педвузах / А.В. Смирнов, Н.В. Калачев, С.А. Смирнов // Физическое образование в вузах. – 2014. – Т. 20. – № 3. – С. 20-27.
10. Смирнов А.В. Методика применения информационных технологий в обучении физике: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 240 с.
11. Губский Е.Г. Виртуальный лабораторный комплекс по физике. Разделы механика и термодинамика // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2009. – № 1. – С. 41-43.
12. Девяткин Е.М. Использование технологии программируемой flash-анимации для моделирования механических колебаний // Сборник научных статей международной конференции «Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования», Барнаул, 20-24 октября, 2015. - Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2015. – С. 917-920.

13. Гурский Д. Action Script 2.0: программирование во Flash MX 2004. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2004. – 1088 с.
14. Виртуальные лабораторные работы по физике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mediadidaktika.ru/course/view.php?id=20> (дата обращения: 30.10.17).