

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ НА УРОКАХ ФИЗИКИ

Темнов Дмитрий Эдуардович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики РГПУ им. А.И. Герцена

Современное образовательное пространство невозможно представить без использования новых информационных технологий – технологий, затрагивающих получение, хранение, поиск, обработку, передачу информации, технологий, которые обеспечивают эффективные способы представления ее ученику, и ускоряют образовательный процесс. При этом сама система образования является с одной стороны потребителем, а с другой – активным производителем информационных технологий, мощный толчок развитию которых дало развитие вычислительной техники. И среди всех учебных дисциплин физика – один из наиболее поддающихся компьютеризации предметов.

Основными целями информатизации школьного физического образования считают следующие:

- развитие личности ученика, подготовка к самостоятельной и продуктивной деятельности в условиях информационного общества;
- развитие коммуникативных способностей посредством выполнения совместных проектов;
- формирование умений принимать оптимальные решения в сложной ситуации (в работе с программами-тренажерами);
- формирование навыков исследовательской деятельности (при работе с моделирующими программами);
- реализацию социального заказа, обусловленного информатизацией современного общества;
- интенсификацию процесса обучения физике за счет активизации познавательной деятельности.

Для достижения этих целей используются

- *автоматизированные обучающие системы*, включающие в себя комплекс учебно-методических материалов и компьютерные программы, которые управляют процессом обучения;
- *интеллектуальные обучающие системы*, базирующиеся на работах в области искусственного интеллекта, в частности теории экспертных систем.

Как в том, так и в другом случае необходимым компонентом обучающих систем является компьютерное моделирование. Очевидно, что использование компьютерных моделей не может, да и не должно заменить натурный эксперимент. Вместе с тем также очевидно и то, что компьютерное моделирование по сравнению с натурным экспериментом дает возможность:

- получать наглядные динамические иллюстрации физических экспериментов и явлений, воспроизводить их тонкие детали, которые часто ускользают при наблюдении реальных явлений и экспериментов;

- визуализировать не реальное явление природы, а его упрощённую модель, которая не достижима в натурном физическом эксперименте. При этом можно поэтапно включать в рассмотрение дополнительные факторы, которые постепенно усложняют модель и приближают ее к реальному физическому явлению;

- варьировать временной масштаб событий;

- моделировать ситуации, не реализуемые или трудно реализуемые в физических экспериментах.

Таким образом, компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения физических систем. Компьютерные модели зачастую проще и удобнее исследовать, они позволяют проводить вычислительные эксперименты, реальная постановка которых затруднена или может дать непредсказуемый результат. Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет выявить основные факторы, определяющие свойства изучаемых объектов, исследовать отклик физической системы на изменения ее параметров и начальных условий.

Разумное использование компьютерной модели может не только дать возможность качественно проиллюстрировать и/или проанализировать какое-либо физическое явление, но и может являться стимулом к творческой исследовательской деятельности, которая потребует актуализации знаний не только из области физики, но и целого ряда других предметов.

В качестве примера рассмотрим модель движения тела, брошенного под углом к горизонту из коллекции java-апплетов, расположенных по адресу <http://www.ngsir.netfirms.com>. С помощью этой, или подобной ей, модели можно детально рассмотреть влияние начального угла бросания на дальность полета тела и последовательно решить ряд задач на данную тему. При начальной высоте платформы равной нулю (т.е. движение тела начинается с поверхности Земли), максимальная дальность полета обеспечивается, как хорошо известно, при угле бросания равном 45° . Сложнее определить угол, при котором обеспечивается максимальная дальность полета, в случае, когда начальная координата тела по оси ОУ отлична от нуля. Использование компьютерной модели поможет определить, что в такой ситуации искомый угол зависит от высоты платформы, с которой производится бросок тела, и от его начальной скорости.

Итогом работы может стать вывод формулы, определяющей угол максимальной дальности полета в общем случае,

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{v_0^2}{v_0^2 + 2hg}} \quad (1),$$

окончательную проверку которой можно сделать с помощью все той же модели.

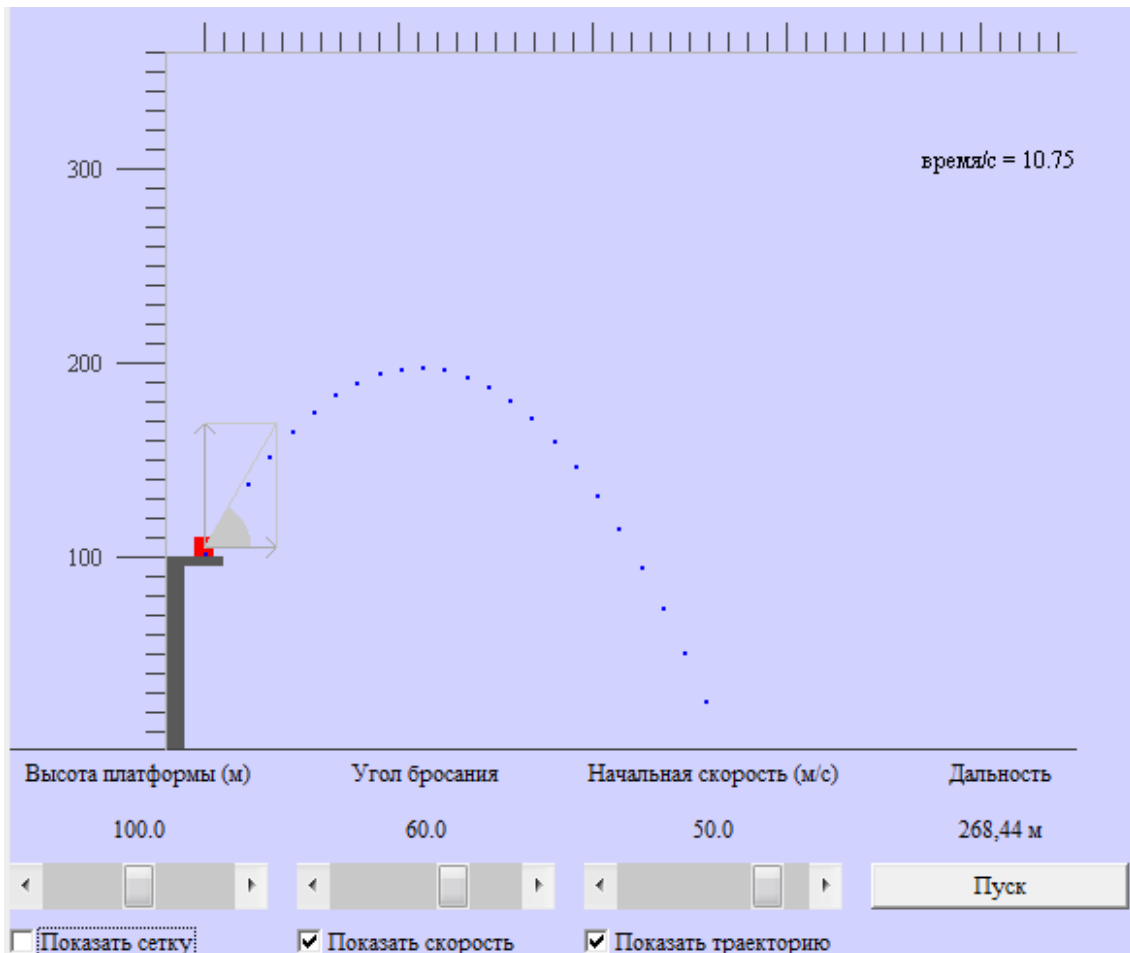


Рис.1 Компьютерная модель для изучения движения тела, брошенного под углом к горизонту из коллекции <http://www.ngsir.netfirms.com>

В принципе при наличии хорошей как с научной, так и с эргономической точки зрения коллекции моделей по различным разделам физики учитель может использовать компьютерные модели следующим образом:

- для демонстрации анимационных экспериментов

Естественно, что для демонстрации компьютерную модель следует использовать только в случае, когда проведение натурального эксперимента затруднено или просто невозможно. Иллюстрацией может служить один из экспериментов Майкельсона по определению скорости света (рис.2). С помощью модели можно не только познакомиться с ходом эксперимента, но и обсудить расчетную формулу для определения скорости света.

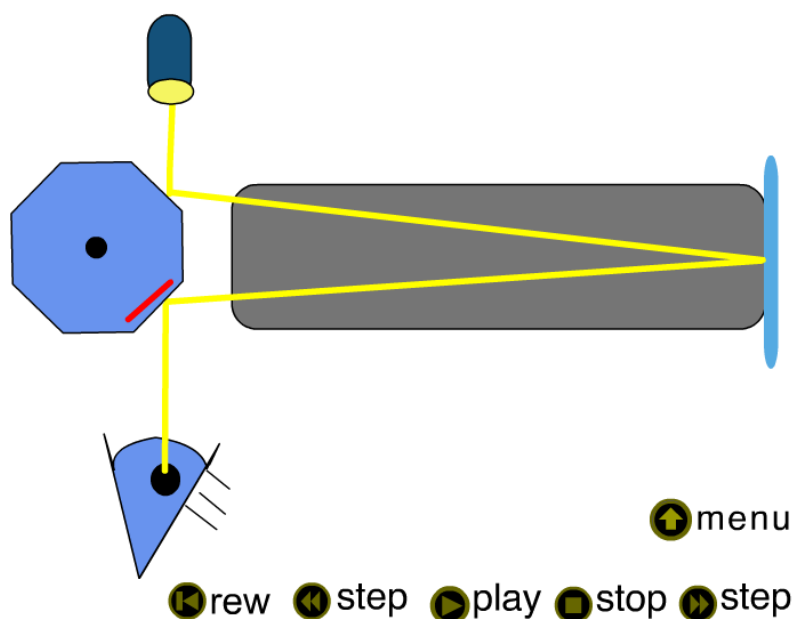


Рис.2 Компьютерная модель эксперимента Майкельсона по определению скорости света

- для иллюстрации методики и/или корректности решения сложных задач

Учитель предлагает учащимся для самостоятельного решения в классе или в качестве домашнего задания индивидуальные задачи, правильность решения которых они могут проверить, поставив компьютерные эксперименты. Для модели, приведенной на рис.1, такими задачами могут быть следующие:

«Установить высоту платформы 0 м и угол бросания 30° к горизонту. Рассчитать начальную скорость тела, при которой дальность полета составит 221 м».

«Установить начальную скорость тела, равную 40 м/с. Определить угол полета тела, при котором дальность полета окажется в 4 раза больше максимальной высоты подъема».

«Рассчитать, при каких углах бросания дальность полета тела, брошенного со скоростью 30 м/с, окажется равной 60 м».

Самостоятельная проверка полученных результатов, при помощи компьютерного эксперимента, усиливает познавательный интерес учащихся, а также делает их работу творческой, а зачастую приближает её по характеру к научному исследованию. В результате многие учащиеся начинают придумывать свои задачи, решать их, а затем проверять правильность своих рассуждений, используя компьютерные модели. Учитель может сознательно побуждать учащихся к подобной деятельности, не опасаясь, что ему придётся решать ворох придуманных учащимися задач, на что обычно не хватает времени. Более того, составленные школьниками задачи можно использовать в классной работе или предложить остальным учащимся для самостоятельной проработки в виде домашнего задания.

- для проведения компьютерных лабораторных работ

Компьютерные модели позволяют проводить «мобильные» лабораторные работы, временные затраты на выполнение которых могут быть сведены к минимуму. Естественно, что такие лабораторные работы не должны заменять обычные работы с использованием реальных, а не виртуальных приборов и измерительных инструментов. Как показывает практика, даже хорошо успевающие учащиеся теряются, когда перед ними ставится задача практического использования полученных знаний. На рис.3 показана компьютерная модель, с помощью которой можно определить начальную скорость и ускорение тела, скользящего по наклонной плоскости.

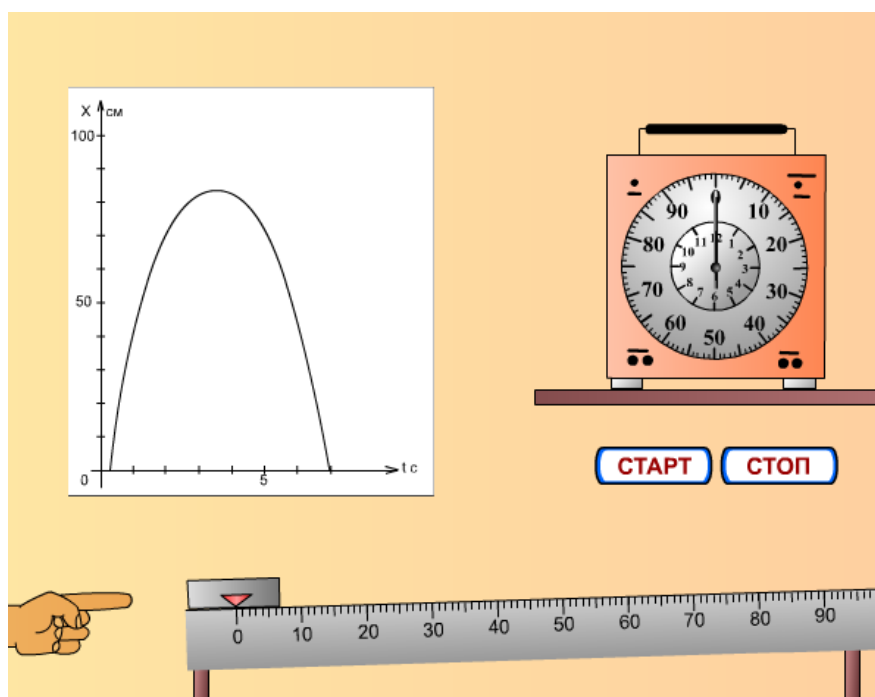


Рис.3 Компьютерная модель движения тела по наклонной плоскости

Не смотря на то, что большинство учащихся знают формулы равноускоренного движения и достаточно уверенно решают задачи на данную тему, нахождение ускорения или начальной скорости тела с помощью данной модели вызывает практически у всех определенные трудности даже с формальной точки зрения. Отдельным вопросом является, конечно же, вопрос о степени точности полученного результата и погрешностях измеряемых величин.

- для организации проектной и исследовательской деятельности учащихся

Учащимся предлагается самостоятельно провести небольшое исследование, используя компьютерную модель, и получить необходимые результаты. К примеру, для обсуждаемой выше (рис.1) модели можно определить зависимость дальности полета от высоты платформы при различных углах бросания. Итогом работы, как уже говорилось, может стать вывод формулы (1).

Другим примером использования компьютерной модели для организации исследовательской деятельности учащихся может служить модель, приведенная на рис. 4.

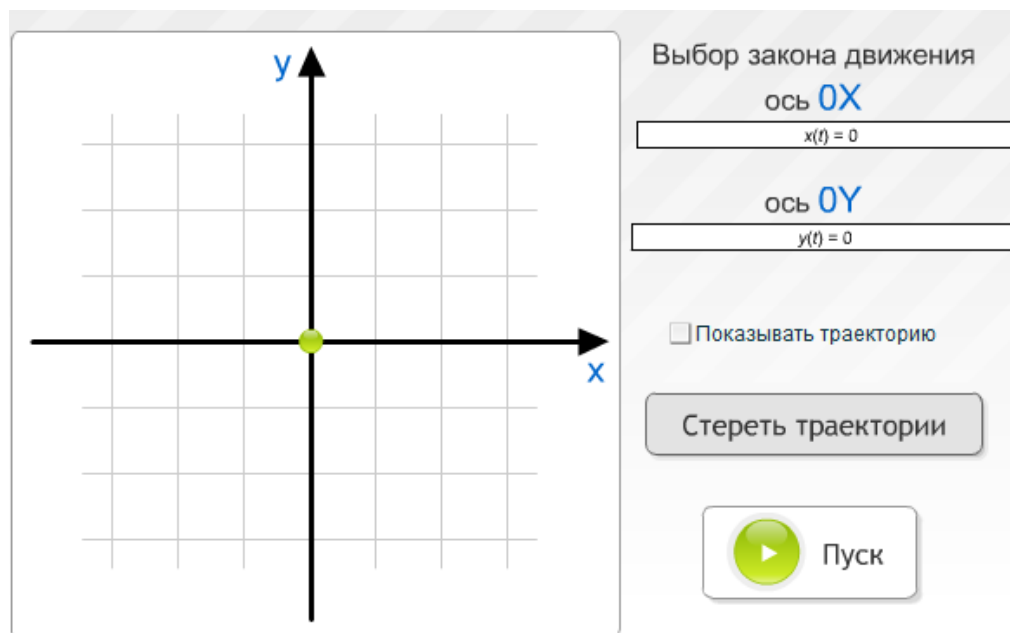


Рис.4 Компьютерная модель «Траектория движения материальной точки»

При работе с данной моделью учащиеся могут не только самостоятельно получить различные фигуры Лиссажу, но и провести творческое исследование от чего зависит вид этих фигур, научиться записывать уравнение траектории движения материальной точки.

Кроме перечисленного, компьютерные модели могут быть, конечно, использованы для интерактивного обучения в классе или дома, для контроля уровня знаний и т.д. Выбор, очевидно, зависит от целей и задач урока физики.

Важно понимать, что наилучшего результата можно добиться, если используемые модели будут иметь схожий дизайн и логику управления, и ученик, освоивший одну из таких моделей, с легкостью будет работать и с другой. Именно по этой причине выше было подчеркнуто, что желательно иметь не разрозненные модели, а коллекцию моделей, выполненных в одном стиле.

Следует отметить, что подобного рода программных продуктов имеется не так уж и много. Кроме электронного издания «Открытая физика» (ООО «Физикон»), которое содержит полный мультимедиа курс физики для средних школ, лицеев, гимназий, колледжей и институтов и более 100 компьютерных моделей и лабораторных работ на их основе, сюда можно причислить ряд англоязычных:

- уже упоминавшуюся коллекцию «Learn physics using Java» по адресу <http://www.ngsir.netfirms.com> (около 50 моделей по механике, оптике и электромагнетизму);

- коллекцию Мичиганского государственного университета по адресу <http://lectureonline.cl.msu.edu/~mmp/applist/applets.htm> (более 60 моделей по всем разделам физики);

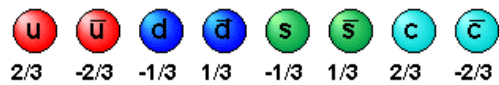


Рис.5 Модель из коллекции Мичиганского университета для изучения строения адронов

- коллекцию по адресу <http://phet.colorado.edu> университета в Колорадо (более 60 моделей по всем разделам физики).

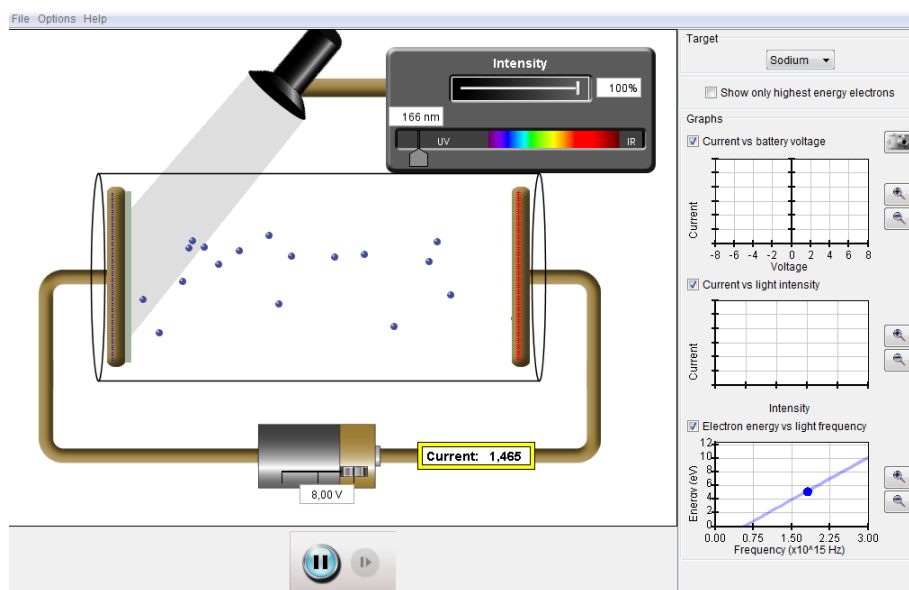


Рис.6 Модель для изучения фотоэффекта из коллекции университета Колорадо <http://phet.colorado.edu>

Отдельное место в этом ряду занимают так называемые физические конструкторы. С помощью физических конструкторов можно моделировать те или иные физические явления самостоятельно, задавая параметры этой модели. Так, компьютерная проектная среда *Живая Физика* предоставляет возможности для интерактивного моделирования движения в гравитационном, электростатическом, магнитном или лю-

бых других полях, а также движения, вызванного всевозможными видами взаимодействия объектов.

В комплект также может входить сборник компьютерных экспериментов в формате *Живая Физика* (виртуальная физическая лаборатория) по различным темам ("Закон сохранения энергии", "Закон сохранения импульса" и т.п.).

Программа *Живая Физика* позволяет изучать школьный и вузовский курс физики, усваивать основные физические концепции и сделать более наглядными абстрактные идеи и теоретические построения (такие как, например, напряженность электростатического или магнитного поля). При этом нет необходимости использовать сложное в наладивании, громоздкое, дорогостоящее, а иногда даже опасное оборудование.

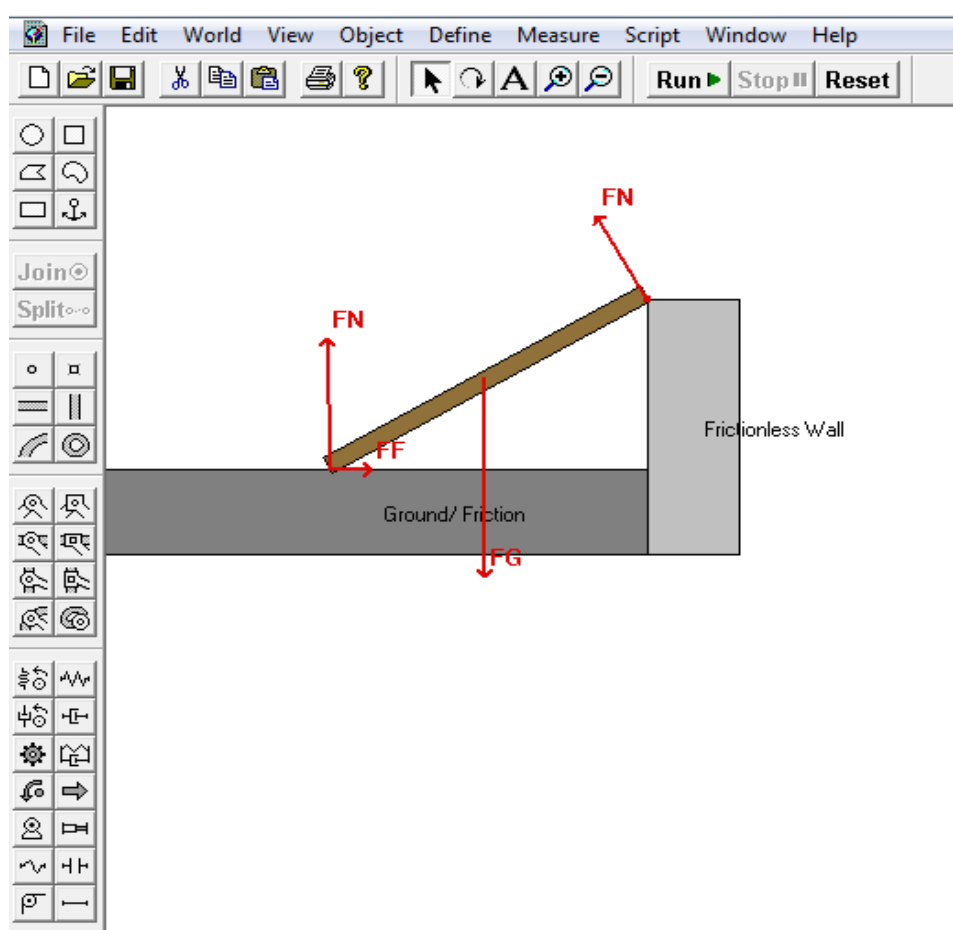


Рис.7 Модель, разработанная в программе «Живая физика».

В арсенале учителя при работе с «Живой физикой» находится целый ряд возможностей – отображения на модели векторов и/или значений различных физических величин, построения графиков, легкого изменения параметров модели и даже значений фундаментальных физических констант.

Среди зарубежных продуктов подобного рода представляет интерес программа «Crocodile Physics». Свободно распространяемая часть

этой программы «Crocodile Clips» является очень красивым и удобным конструктором для сборки электрических цепей. С помощью этого конструктора учащиеся с удовольствием решают различного рода задачи на составление и расчет цепей постоянного тока.

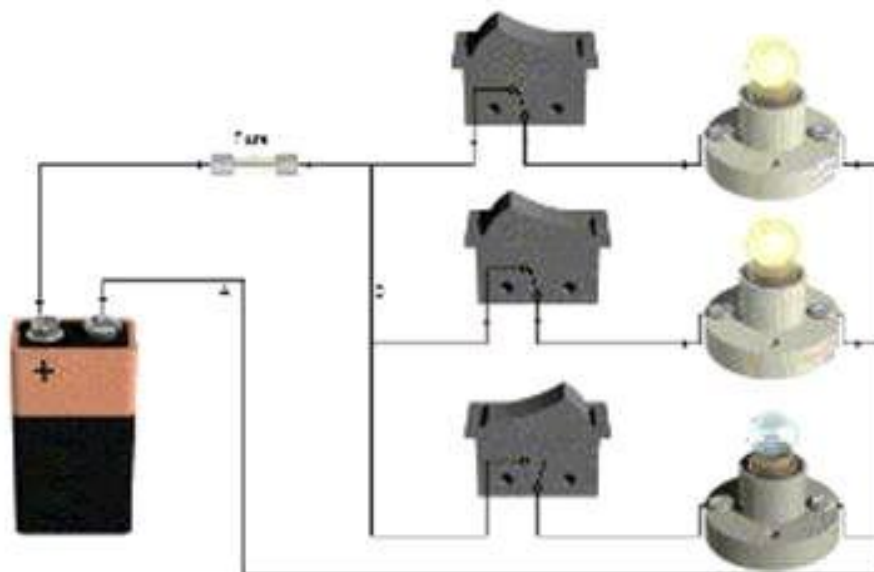


Рис.8 Электрическая цепь, собранная с помощью программы Crocodile Clips

В этот же ряд можно поставить виртуальную лабораторию компании Pintar Media (рис. 9) и ряд других, значительно, правда, менее удачных.

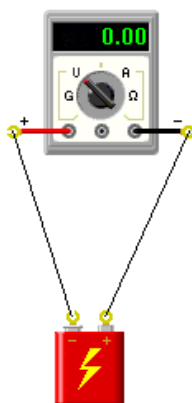
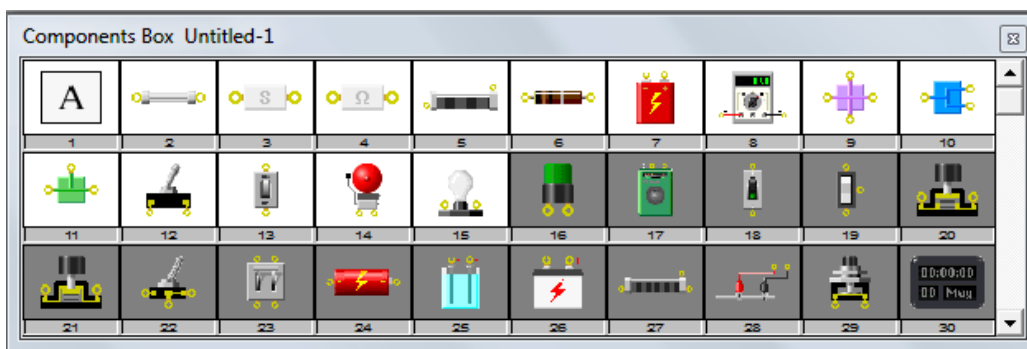


Рис.9 Окно программы виртуальной лаборатории компании Pintar Media

В некоторых случаях интерес может представлять разработка компьютерных моделей по физике собственными силами. При решении подобных задач необходимо помнить, что компьютерное моделирование требует абстрагирования от конкретной природы явлений, построения сначала качественной, а затем и количественной модели. За этим следует проведение серии вычислительных экспериментов на компьютере, интерпретация результатов, сопоставление результатов моделирования с поведением исследуемого объекта, последующее уточнение модели и т.д.

К основным этапам компьютерного моделирования относятся: постановка задачи, определение объекта моделирования; разработка концептуальной модели, выявление основных элементов системы и элементарных актов взаимодействия; формализация, то есть переход к математической модели; создание алгоритма и написание программы; планирование и проведение компьютерных экспериментов; анализ и интерпретация результатов.

Различают аналитическое и имитационное моделирование. *Аналитическими* называются модели реального объекта, использующие алгебраические, дифференциальные и другие уравнения, а также предусматривающие осуществление однозначной вычислительной процедуры, приводящей к их точному решению. *Имитационными* называются математические модели, воспроизводящие алгоритм функционирования исследуемой системы путем последовательного выполнения большого количества элементарных операций.

Компьютерное моделирование систем часто требует решения дифференциальных уравнений. Важным методом является метод сеток, включающий в себя метод конечных разностей Эйлера. Он состоит в том, что область непрерывного изменения одного или нескольких аргументов заменяют конечным множеством узлов, образующих одномерную или многомерную сетку, и работают с функцией дискретного аргумента, что позволяет приближенно вычислить производные и интегралы. При этом бесконечно малые приращения функции $f = f(x, y, z, t)$ и приращения ее аргументов заменяются малыми, но конечными разностями.

Примером программного продукта, позволяющим разрабатывать собственные компьютерные модели является свободно распространяемая программа ModelVision (рис.10). В рамках данной программы возможно создание простых и гибридных (с изменяемой логикой поведения) механических моделей и их 3D – визуализация.

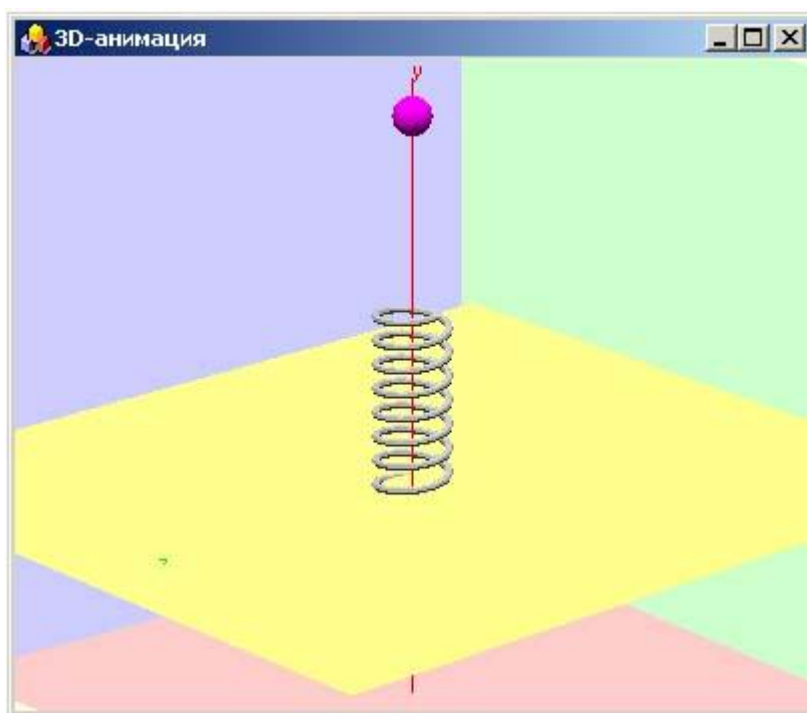


Рис.10 Модель, визуализирующая падение шарика на пружину, выполненная средствами программы ModelVision

Необходимо отметить, что использование компьютерных моделей при обучении физики – это не только *возможность* повышения мотивации учащихся и актуализации их знаний, это в настоящий момент времени необходимый элемент общефизического образования школьников. Интернет-олимпиада школьников по физике, задания которой подразумевают работу с компьютерными моделями, входила в перечень олимпиад школьников как на 2008/2009, так и на 2009/2010 учебные годы, и, по всей видимости, останется в этом перечне и на будущие годы.

Включение интерактивных моделей в дистанционные курсы по физике делает их более привлекательными для учащихся и является едва ли не основным инструментом привлечения учащихся к самостоятельной работе.






Тема 1		
 Урок 1	Оценка: 80.0 (Попытка: 5)	
 Интерактивная модель "Траектория движения"	просмотров - 8	
 Задание к интерактивной модели №1	Оценка: 50 / 100	
 Примеры решения задач №1	просмотров - 3	
 Задание 1	Оценка: 95 / 100	

Рис.11 Статистика работы с различными типами ресурсов дистанционного курса по физике физико-математической школы СПбГУ ИТМО

На рис.11 приведен фрагмент статистических данных по работе с ресурсами одного из уроков дистанционного курса по физике. Как видно, наибольшим числом просмотров отличается именно интерактивная модель.

Очевидно, что работе с компьютерными моделями необходимо уделять место и время не только в школах. Специальные курсы, посвященные компьютерным моделям и элементам компьютерного моделирования, необходимы в высших учебных заведениях, прежде всего, конечно, педагогических. И это не просто дань моде, это - необходимость.