

*Монахов Вадим Валерьевич,
Стафеев Сергей Константинович,
Парфенов Владимир Глебович,
Кожедуб Алексей Владимирович,
Евстигнеев Леонид Александрович,
Кавтрев Александр Федорович,
Пономарев Антон Иванович*

ПРОВЕДЕНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ТУРОВ ОЛИМПИАД ПО ФИЗИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА BARSIC

В последнее время многие ведущие ВУЗы используют олимпиады как основной способ выявления будущих абитуриентов, поскольку он является более адекватным для определения творческих способностей учащихся, чем тестирование на основе ЕГЭ.

Теоретические туры олимпиад по физике можно проводить дистанционно, в том числе и с использованием Интернет. А вот проведение экспериментальных туров до сих пор требовало присутствия учащихся в месте проведения олимпиады, что заметно ограничивало участие в них талантливых школьников из удаленных регионов страны.

В настоящее время нами разработан пилотный вариант системы проведения экспериментальных туров олимпиад по физике с использованием виртуальных лабораторий. Данные лаборатории созданы с помощью программного комплекса BARSIC (Business And Research Scientific Interactive Calculator) [1–8] и предназначены для проведения на локальном компьютере или через Глобальную сеть экспериментальных туров местных, городских и региональных олимпиад школьников 7–11 классов.

С нашей точки зрения проведение как натуральных, так и экспериментальных работ с использованием виртуальных лабораторий отличается от решения расчетных задач тем, что в указанных системах:

– существует очень большое количество вариантов возможных действий экспериментатора, причем заранее трудно предсказать, какая последовательность приведет к нужным результатам;

– имеется гораздо большее число параметров эксперимента, чем в явном виде задано в условии задачи, например, существует большое количество внешних фак-



*...ведущие ВУЗы
используют олимпиады
как основной способ выявления
будущих абитуриентов...*

торов с заранее неизвестными значениями: в механических системах существует трение, вибрации, неровности и т. д., в то же время в электрических цепях имеются помехи, паразитные емкости, паразитные индуктивности и т. п.;

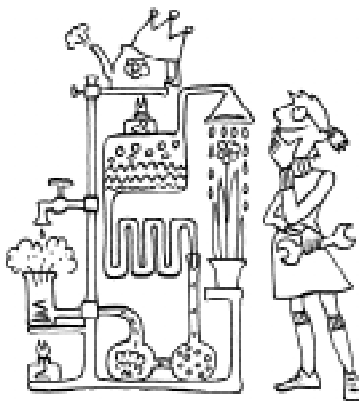
– значения величин и параметров известны или могут быть измерены с конечной и обычно не очень большой точностью.

Кроме того, при экспериментальном решении задач учащимся необходимо собрать экспериментальную установку: механическую конструкцию, электрическую схему и т. д., а также выбрать необходимые для исследования инструменты. По указанным причинам программное обеспечение для проведения экспериментальных олимпиад должно быть программой-конструктором, дающей возможность собирать из отдельных элементов нужную систему.

В связи с вышесказанным нами были разработаны две группы программ-конструкторов по механике и по электричеству, позволяющие формировать различные конфигурации физических систем и задавать большое количество параметров объектов в этих системах. Кроме того, были созданы клиентская и серверная системы, которые позволяют проводить регистрацию участников олимпиад и отсылать результаты выполнения заданий на сервер.

1. ОПИСАНИЕ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ядром клиентской части разработанной системы является программный комплекс BARSIC [1–7] со своим языком программирования, средой разработки и исполняющей средой, интерпретирующей псевдокомпилированный код. Язык BARSIC является интерпретируемым, что позволяет работать с частью исполняемых элементов программы как с данными. Благодаря этому, удалось создать редактор олимпиадных



...при экспериментальном решении задач учащимся необходимо собрать экспериментальную установку: механическую конструкцию...

заданий, сохраняющий исполняемые файлы среды BARSIC.

Важной чертой языка BARSIC является поддержка работы со сложными математическими выражениями. В результате в программах удается без особых усилий рассчитывать с помощью теории комплексных чисел параметры электрических цепей переменного тока, а в заданиях по механике выполнять численное интегрирование.

Помимо разнообразных математических и графических возможностей, программный комплекс BARSIC позволяет осуществлять работу с WWW-документами за счет интеграции MS Internet Explorer. При этом используется браузер, установленный на клиентском компьютере. Требуется MS Internet Explorer версии не ниже 4.0.

Перед использованием виртуальных лабораторий на клиентском компьютере должна быть установлена исполняющая среда BARSIC. Она распространяется свободно и выложена на сайт www.niif.spbu.ru/~monakhov/www/download_r.html, а также может быть выложена непосредственно на сайт олимпиады.

Регистрация участников олимпиады производится с помощью отсылки HTML-форм на сервер, который возвращает в окно среды BARSIC сгенерированный сервером HTML-документ со списком заданий.

При выборе задания участником олимпиады на экране его компьютера открывается окно виртуальной лаборатории или компьютерной модели (рисунок 1).

Во всех окнах лаборатории и моделей (в нижней части окна) расположен встроенный научный калькулятор, позволяющий производить вычисления произвольного уровня сложности. Пример выражения: $\sin(1.34)/\sin(5.6/11.5-1.16E-2)*\lg(2)+1.57^2$

В представленной на рисунке 1 модели предлагается выполнить следующее задание:

«Взвесьте каждое из предложенных тел:

- 1) Кристалл
- 2) Куб
- 3) Шар
- 4) Корону

Занесите результаты в отчет и отправьте на сервер».

Отметим, что приведенное задание, является одним из самых простых. В зависимости от уровня сложности задания можно требовать или нет определения номиналов неподписанных гирек. Как показал опыт, не все учащиеся способны аккуратно провести даже простое взвешивание предметов. После проведения взвешивания необходимо заполнить соответствующее поле в HTML-форме отчета (рисунок 2).

Форма отчета генерируется на сервере и запоминается на клиентском компьютере, поэтому учащийся может заполнять строки таблицы по мере выполнения измерений. Если задание выполнено правильно, в окне появляется сообщение об этом. В противном случае сообщается о неправильном выполнении задания и предлагается повторить его выполнение.

Стоит упомянуть о безопасности данных в разработанной системе. Участники олимпиады отсылают на сервер только результаты своих измерений, а обработка этих результатов ведется на сервере. Помимо введенных пользователем результатов, на сервер передается также дополнительная информация о действиях пользователя по выполнению задания. В связи с разнообразием возможных действий пользователя авторы пока не выработали четких критериев, какая информация такого вида должна передаваться на сервер и каким образом она должна обрабатываться. Это – предмет дальнейших исследований.

В настоящее время программное обеспечение для сервер-

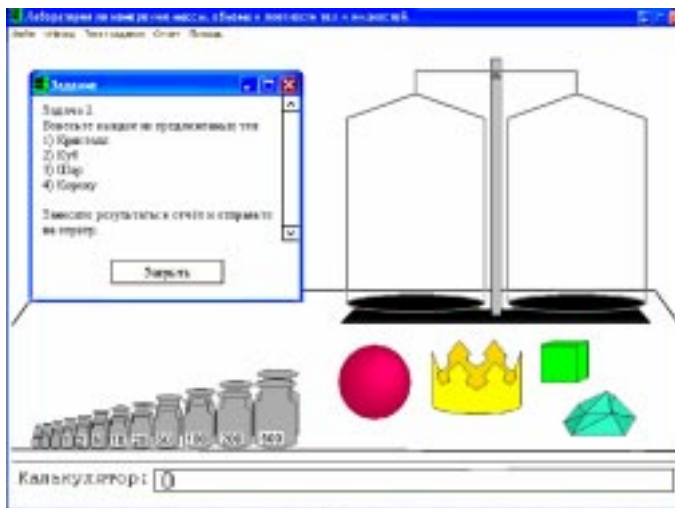


Рисунок 1. Окно виртуальной лаборатории для дистанционного экспериментального тура.

ной части приходится писать индивидуально для каждого задания, причем параметры системы одновременно приходится задавать как в редакторе задания, так и в серверной программе, обрабатывающей присланный на сервер отчет по этому заданию.

Серверное программное обеспечение написано с применением технологии PHP и будет подробно обсуждаться в другой статье, посвященной системе проведения теоретического тура дистанционных олимпиад по физике с регистрацией ответов в виде формул.

Программы для выполнения заданий экспериментального тура (исполняемые

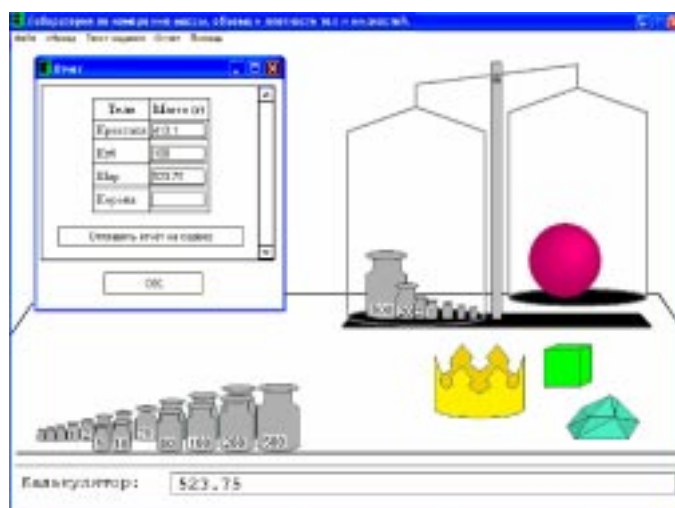


Рисунок 2. Форма отчета для работы «Определение плотности разных тел».

файлы среды BARSIC) генерируются с помощью программ-конструкторов, написанных на языке BARSIC. Такие конструкторы позволяют организаторам олимпиад выбирать типы заданий, а также устанавливать величины параметров и характеристик объектов и инструментов, используемых в задании. Об этих конструкторах будет подробно рассказано далее.



Архимед сумел решить эту проблему с помощью погружения короны в жидкость...

му. Архимед сумел решить эту проблему с помощью погружения короны в жидкость и измерения объема вытесненной ею жидкости.

Цель работы: максимально точно определить процентное содержание золота и серебра в короне.

Дано (рисунок 3):

- рычажные весы,
- набор грузов по 2 гирьки каждого номинала, при этом 3 наименьших разновески (0,5, 0,2 и 0,1 г) не подписаны,
- корона,
- два слитка неправильной формы – золотой и серебряный,
- большой мерный сосуд со сливными трубками,
- малый мерный сосуд – мерный стакан (его можно перемещать, а также выливать из него воду в большой сосуд),
- раковина с отверстием, куда утекает вылитая вода,
- большой и маленький краны для наливания воды в сосуды.

Работа состоит из нескольких этапов:

- 1) определить массу неподписанных разновесок,
- 2) определить массу серебряного и золотого слитков,
- 3) определить объем серебряного и золотого слитков,
- 4) рассчитать плотность золота и серебра,
- 5) определить массу короны,
- 6) определить объем короны,
- 7) рассчитать плотность сплава, из которого сделана корона,
- 8) рассчитать процентное содержание золота и серебра в короне.

В работе имеется несколько «подводных камней»:

- 1) Узнать объем тела можно путем его погружения в большой мерный сосуд и считывания пока-

2. ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ «ВЕС, ПЛОТНОСТЬ, ЗАКОН АРХИМЕДА»

Проиллюстрируем функциональные возможности разработанной нами виртуальной лаборатории на конкретных примерах.

Задание «Определение плотности тел. Корона Герона»

Прембула: существует легенда о том, что к Архимеду, жившему в Сиракузах, обратился правитель этого города Герон с просьбой проверить, не заменил ли мастер, сделавший ему золотую корону, часть золота на серебро.

Поскольку у золота и серебра разная плотность, то для прямоугольного слитка определить, сколько в нем золота, а сколько серебра, было легко. Проблема заключалась в том, что корона имела сложную фор-

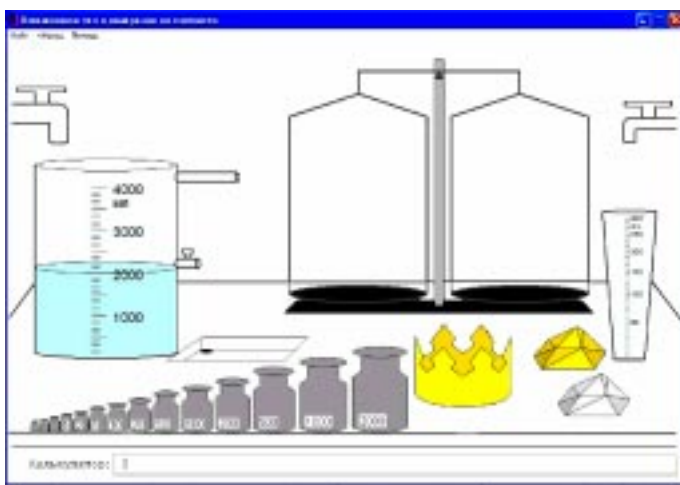


Рисунок 3. Вид окна работы «Корона Герона».

заний по шкале. Однако такие измерения дадут очень низкую точность

2) Более точно измерить объем тела можно путем его погружения в большой мерный сосуд в случае, если вода налита доверху. При этом вода выливается через верхнюю трубку, и ее можно собрать в малый мерный сосуд. По рискам в этом сосуде объем можно измерить гораздо точнее.

3) Самым точным способом определением объема тела является измерение массы вылившейся воды с последующим расчетом ее объема.

Следует отметить, что в лаборатории существует еще несколько «подводных камней», но мы их описывать не будем, чтобы не снижать интерес к задаче.

В результате учащемуся при выполнении задания будет необходимо ввести:

- 1) массы неподписанных разновесок,
- 2) массу, объем и плотность серебряного и золотого слитков,
- 3) массу, объем и плотность короны,
- 4) процентное содержание золота и серебра в короне.

В зависимости от желаемого уровня сложности задания, в него можно включать или не включать некоторые из перечисленных пунктов.

По каждому из выполненных пунктов по мере выполнения заданий может отсылаться отчет и, соответственно, вестись протокол на сервере. При этом программа будет сообщать участвующему в олимпиаде об уровне выполнения задания (отличная, хорошая, удовлетворительная или неудовлетворительная точность измерения данного параметра).

Имеется также более простой вариант задания «Определение плотности разных тел». В этом случае участникам олимпиады необходимо найти плотности различных тел: кристалла, куба, шара, короны. В зависимости от желания создателей олимпиадных заданий, можно менять число тел, их типы, размеры, плотности, цвет.

3. ПОДГОТОВКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОЛИМПИАД – РЕДАКТОР ЗАДАНИЙ «ВЕС, ПЛОТНОСТЬ, ЗАКОН АРХИМЕДА»

Важной частью разработанной системы является редактор заданий, позволяющий организаторам олимпиад создавать разнообразные варианты однотипных задач, в которых тела различаются размерами, формой, массой, плотностью, а также цветом.

На рисунке 4 показано окно редактора заданий в режиме выбора типа задания.

У тела, выделенного щелчком «мышы», можно задавать параметры (размеры, массу и т. п.). Кроме того, на каждое тело можно нанести надпись. При работе она будет перемещаться вместе с телом, а если размеры тела меняются, то и масштабироваться.

В процессе редактирования олимпиадного задания можно добавлять новые элементы. Ими служат гири, короны, слитки, кубы, шары, мерные стаканы, независимые надписи (рисунок 5). Тела могут использоваться при проведении экспериментов. Надписи носят вспомогательный характер и служат для пояснений.

В диалоге ввода дополнительных параметров (рисунок 6) можно менять плотность воды, текущей из-под крана, а также добавлять или убирать элементы, которые могут существовать в модели только в единичном экземпляре. Это большая мензурка, раковина, весы, большой кран, маленький кран, динамометр. Кроме того, в диа-



Рисунок 4. Внешний вид части окна редактора заданий в режиме выбора типа задания.

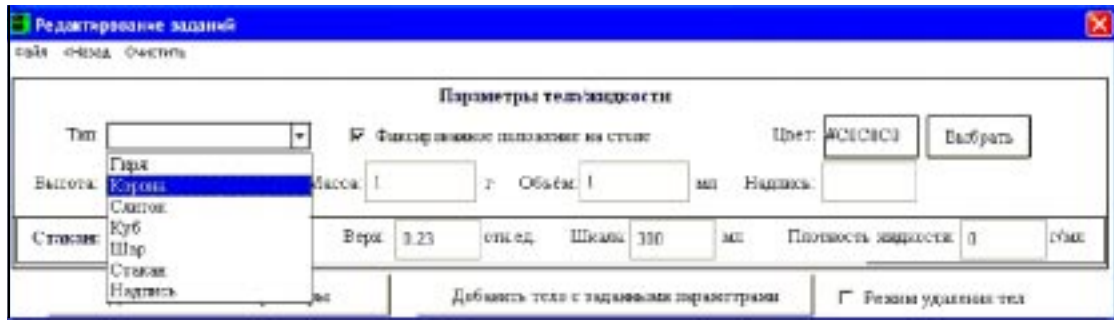


Рисунок 5. Внешний вид верхней части окна работы «Корона Герона» в редакторе заданий.

логе можно задавать текст задания, масштаб шкалы динамометра, а также разрешенное число взвешиваний на весах.

После задания параметров модели она может быть сохранена в виде исполняемого файла среды BARSIC, а также сопроводительного файла, позволяющего использовать сохраненное задание в качестве прототипа для последующей загрузки и редактирования.

4. ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ «ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА»

Измерение параметров электрических элементов

Цель работы: из имеющегося набора элементов собрать электрическую цепь из последовательно соединенных резистора (с номиналом, ближайшим к заданному) и параллельного электрического кон-

тура (с ближайшей к заданной резонансной частотой) для двух различных значений емкостей конденсаторов. Измерить отношение амплитуд и ширин резонансных кривых для этих контуров.

Дано (рисунок 7):

- мультиметры постоянного и переменного тока,
- генератор переменного напряжения фиксированной амплитуды,
- набор внешне одинаково выглядящих электрических элементов,

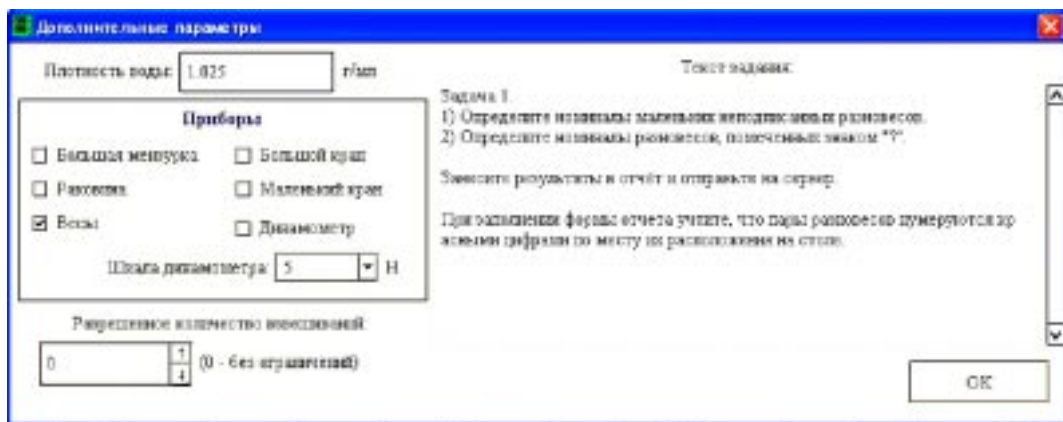


Рисунок 6. Диалог задания дополнительных параметров.

– рабочий стол с гнездами, в которые можно вставлять элементы и к которым можно подсоединять измерительные приборы.

Работа состоит из нескольких этапов:

1) Узнать типы имеющихся элементов (это могут быть резисторы, конденсаторы, индуктивности или переключки с почти нулевым сопротивлением) путем включения в цепи постоянного и переменного тока. Функция омметра в мультиметре отключена.

2) Найти переключки и в дальнейшем использовать их при конструировании схемы.

3) Определить номиналы резисторов.

4) Определить номиналы конденсаторов и индуктивностей путем измерения зависимости тока от частоты.

5) Собрать необходимую электрическую схему для первого контура.

6) Найти амплитуду и ширину резонансной кривой.

7) Повторить то же для второго контура.

8) Найти отношение амплитуд и ширин резонансных кривых контуров.

В лабораторию может быть заложено несколько «подводных камней»:

1) При коротком замыкании генератора (переключкой, низкоомным резистором, индуктивностью на нижних частотах или большой емкостью на высоких частотах) у него сгорает предохранитель (начисляются штрафные баллы).

2) При включении мультиметра на чувствительных диапазонах по току или напряжению в случае, если входной сигнал превышает предел диапазона более чем в 2 раза, прибор выходит из строя (начисляются штрафные баллы).

3) Генератор имеет конечное внутреннее сопротивление.

4) Миллиамперметр имеет конечное внутреннее сопротивление.

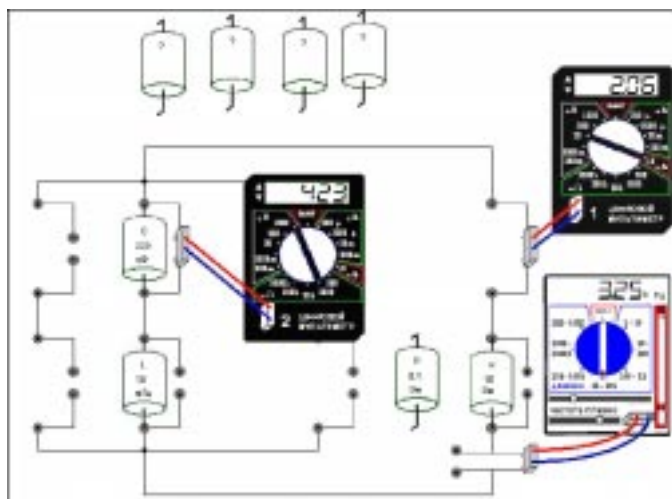


Рисунок 7. Задание с последовательным колебательным контуром.

ние, зависящее от диапазона измерений тока. Из-за этого включение миллиамперметра непосредственно в контур вызовет понижение добротности контура и приведет к погрешностям измерения.

Имеется еще несколько «подводных камней», но, как и в случае с заданиями по механике, мы о них умолчим.

Олимпиадные задания по электричеству могут быть не только повышенного уровня сложности, рассчитанного на городские туры олимпиад для старшеклассников, но и достаточно простыми, рассчитанными на 7 классы. Для такого рода заданий в качестве элементов служат разноцветные лампочки (рисунок 8), которые могут менять яркость в зависимости от протекающего через них тока или даже перегорать – лампочка номер 2.

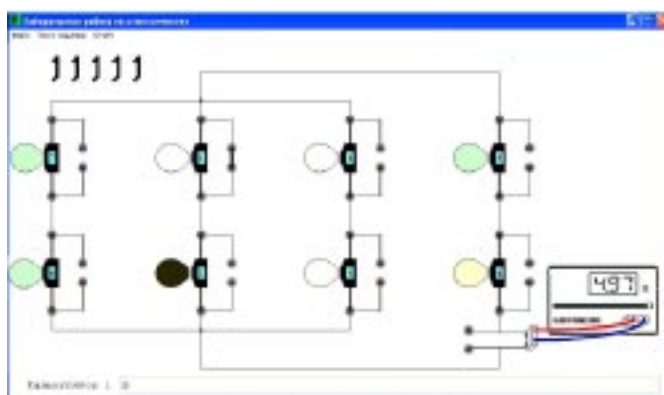


Рисунок 8. Задание с лампочками.

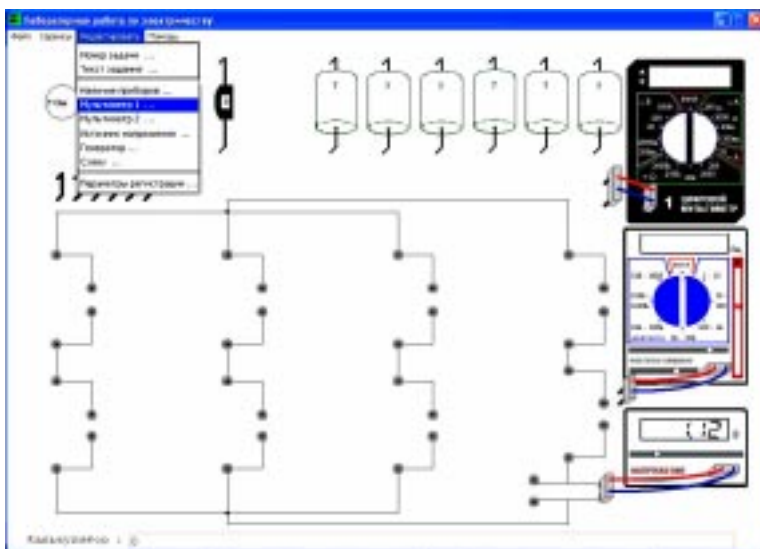


Рисунок 9. Редактор заданий по разделу «Электричество и магнетизм».

При этом используется регулируемый источник постоянного напряжения. Хотя при необходимости можно использовать модель, в которой присутствует генератор переменного напряжения. Например, для сравнения действия постоянного и переменного электрического тока.

4. ПОДГОТОВКА ЗАДАНИЙ – РЕДАКТОР ЗАДАНИЙ «ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА»

В редакторе заданий (рисунок 9) можно изменять различные характеристики исследуемых систем. Например, наличие тех или иных приборов и элементов, их начальное расположение, номиналы элементов и т. д.

Кроме того, возможно задание нескольких вариантов панелей, на которых можно располагать элементы цепей.

В редакторе заданий можно устанавливать также параметры приборов. Для генератора переменного тока и источника напряжения – возможность регулировки напряжения во время работы модели, максимальное выходное напряжение (для генератора – эффективное), внутреннее сопротивление. Для генератора дополнительно задается возможность регулировки частоты во время работы модели. У мультимет-

ров задаются возможности измерения напряжения, тока и сопротивления во время работы модели. Кроме того, задается входное сопротивление и входная емкость мультиметра в режиме измерения напряжения и внутреннее сопротивление в режиме измерения тока.

Во время работы модели можно изменять не только положение мультиметра, но и его размер. Для этого служат белые стрелки в его левом верхнем углу.

У всех элементов имеется область для показа надписи. При щелчке «мышью» в этой области появляется диалог установки параметров элемента. В нем можно задавать тип элемента (сопротивление, конденсатор, индуктивность), его номинал и надпись на элементе. Кроме того, имеется возможность выбора, можно ли при выполнении модели изменять параметры элемента и надпись на нем.

5. АПРОБАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ТУРОВ ОЛИМПИАД

В 2004 году в целях апробации разработанной нами виртуальной лаборатории были проведены экспериментальные олимпиады и конкурсы в Центре Информационной Культуры Кировского района Санкт-Петербурга и в центре «Интеллект», созданном по президентской программе для одаренных детей Ленинградской области (поселок Лисий нос). При этом были проведены 2 олимпиады и 3 командных конкурса. В апробации лаборатории приняли участие более 80 школьников Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Все участники олимпиад и конкурсов с большим интересом отнеслись к выполнению компьютерных экспериментальных заданий, при выполнении которых было

необходимо использовать виртуальную лабораторию. Школьники выдвигали гипотезы, проводили виртуальные эксперименты и исследования с использованием разработанной лаборатории.

В феврале 2005 года сценарий виртуальной лаборатории «Корона Герона» был апробирован в рамках IX Международного турнира по компьютерной физике, проводившегося Интеллект-клубом «Глюон» с 5.02.05 по 13.02.05 в г. Пущино Московской области.

Конкурс с использованием этого сценария был организован следующим образом. Командам были продемонстрированы некоторые возможности виртуальной лаборатории и показаны основные принципы работы с ней. Это заняло около 10 минут. Затем капитанам команд были выданы задания в виде текстовых файлов. Далее в течение получаса команды работали в консультационном режиме, то есть они могли задавать вопросы ведущему. После того как участники конкурса освоили тонкости работы с лабораторией, они перешли к самостоятельной работе. Команды в течение 3 часов работали над заданиями: они выдвигали гипотезы, ставили эксперименты и проводили вычисления. После того как необходимые ответы



...каждая команда докладывала результаты своей работы.

были получены, команды теоретически их обосновывали, затем готовили доклады и презентации.

Вечером в зале для конференций каждая команда докладывала результаты своей работы. При сдаче работ ребятам задавалось много вопросов, чтобы выяснить глубину их понимания проделанной работы и полученных результатов. При ответе на поставленные вопросы капитаны команд на большом экране демонстрировали эксперименты, подтверждающие от-

веты и выводы их команд.

По мнению жюри, все участники турнира с большим интересом отнеслись к заданиям, при выполнении которых им было необходимо использовать виртуальную лабораторию.

Возраст участников сильно различался и находился в диапазоне с 6 по 11 класс. Если шестиклассники только взвесили тела, то восьмиклассники измерили и их объемы, а также определили плотности тел. Зато десятиклассники и одиннадцатиклассники выполнили задание полностью, хотя и с разным качеством. Помимо всего, они подготовили презентации для своих выступлений (рисунки 10–12). Половина команд-участников догадалась, каким образом решать

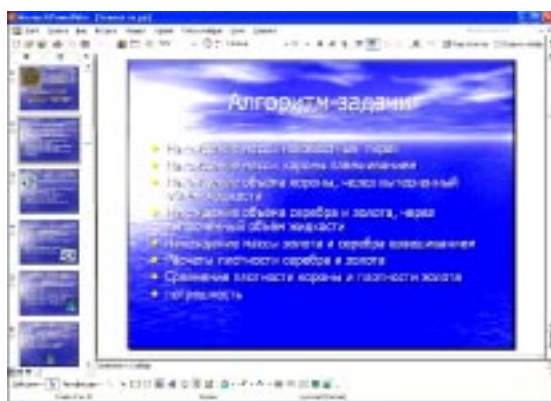


Рисунок 10. Презентация школы «ЭНТЭР».

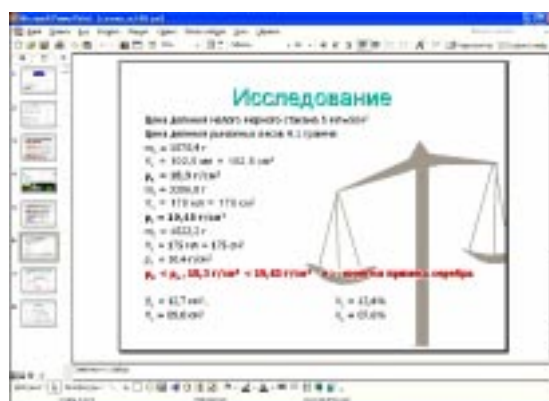


Рисунок 11. Презентация школы № 56, г. Ижевск.



Рисунок 12. Одна из страниц презентации медико-технического лицея, г. Самара.

поставленную задачу. Тем не менее, большинство из них не смогли достаточно точно взвесить тела! Не говоря уже о максимально точном определении процентного состава сплава, из которого была сделана корона.

Представленные на рисунках 10–12 презентации, сильно различающиеся по стилю изложения материала, демонстрируют также различные алгоритмы решения поставленной задачи. Например, некоторые участники либо не искали массы неизвестных гирек, либо игнорировали этот этап работы в отчете. При дистанционном проведении олимпиад, вероятно, имеет смысл предусмотреть возможность приема на сервер отчетов не только в виде описанных ранее форм HTML, но и в виде текстовых файлов, презентаций и т. п.

Олимпиады и конкурсы с использованием виртуальной лаборатории имели несомненный успех. Все школьники с большим интересом проводили эксперименты и искали ответы на поставленные вопросы и задачи. Безусловно, экспериментальная деятельность с использованием такой лаборатории повышает интерес школьников к изучению физики и является дополнительным мотивирующим фактором.

Литература

1. Монахов В.В., Кожедуб А.В. Интегрированная среда для научных вычислений. В тез. докл. междунар. конф. «Теоретическая, прикладная и вычислительная небесная механика». СПб., 1993. С. 68–70.

2. Монахов В.В., Кожедуб А.В., Кашин А.Н., Клочков И.В. Интегрированная среда «BARSIC» – перспективное средство для разработки распределенных компьютерных обучающих систем. Тез. докл. конф. «ТЕЛЕМАТИКА–96». СПб., 1996. С. 143–144.

ВЫВОДЫ

Разработанная система позволяет создавать разнообразные задания для проведения экспериментальных туров олимпиад по физике через WWW. Несмотря на то, что модельный эксперимент, конечно, никогда не сможет заменить реальный, использование разработанной системы позволяет в значительной степени приблизиться к имитации реального эксперимента.

Преимущества данной системы – гибкость и простота использования. Особо важными чертами являются:

- Совмещение работы клиентской части с регистрацией и отсылкой отчетов через WWW.

- Наличие редакторов олимпиадных заданий, позволяющих создавать неограниченное количество однотипных заданий, отличающихся числом используемых элементов, их внешним видом и физическими характеристиками.

- Возможность создавать задания различного уровня сложности, от уровня 6 класса до студенческого. Причем, в зависимости от выбранного уровня сложности задания, можно «включать» или «отключать» различные факторы, влияющие на проведение эксперимента.

Система успешно прошла апробацию на локальных компьютерах и может быть рекомендована для использования в таком варианте. Вариант с регистрацией результатов на сервере требует апробации и, возможно, дополнительной доработки.

Некоторые варианты заданий по механике и электричеству выложены в открытый доступ по адресу www.niif.spbu.ru/~monakhov/www/lab1108/index.html, а также находятся на компакт-диске, прилагаемом к журналу.

3. Монахов В.В., Кожедуб А.В. и др. BARSIC – интегрированная среда и язык программирования для физиков. Вестник СПбГУ, Сер. 4, 1998. Вып. 3 (№ 18). С. 112–114.
4. Монахов В.В., Кожедуб А.В. Программный комплекс BARSIC. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2001611610, 2001.
5. Монахов В.В., Колесников Ю.Л. и др. BARSIC – система разработки мультимедийных учебных комплексов и тренажерно-обучающих систем по физике. Научно-технический вестник, 2001. Вып. 1. С. 116–124.
6. Монахов В.В., Колесников Ю.Л. и др. Использование программного комплекса Barsic для создания научных и образовательных интернет-порталов. Труды Всероссийской научно-методической конференции «Телематика 2002». С. 115.
7. Монахов В.В. и др. Использование программного комплекса BARSIC для разработки научного и учебного программного обеспечения в области физики. В трудах VII междунар. Конф. ФССО–2003. Т. 1. С. 91–93.
8. Монахов В.В., Кожедуб А.В., Науменко П.А., Евстигнеев Л.А., Крукелис М.А., Солодовников Д.В., Керницкий И.Б. BARSIC: программный комплекс, ориентированный на физика-исследователя. Программирование, 2005, № 3. С. 1–13.
9. Монахов В.В., Стафеев С.К. Российский образовательный портал по физике – ресурсы для студентов и преподавателей. Компьютерные инструменты в образовании, 2004, № 4. С. 13–22.

Монахов Вадим Валерьевич,
кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры вычислительной
физики СПбГУ,

Стафеев Сергей Константинович,
доктор технических наук,
профессор кафедры физики
СПбГУ ИТМО,

Парфенов Владимир Глебович,
профессор, декан факультета
информационных технологий и
программирования СПбГУ ИТМО,

Кожедуб Алексей Владимирович,
инженер-программист кафедры
вычислительной физики СПбГУ,

Евстигнеев Леонид Александрович,
аспирант кафедры вычислительной
физики СПбГУ,

Кавтрев Александр Федорович,
кандидат физ.-мат. наук,
преподаватель-методист ЦИК,

Пономарев Антон Иванович,
студент 6 курса факультета
информационных технологий и
программирования СПбГУ ИТМО.



Наши авторы, 2005.
Our authors, 2005.