

ВИРТУАЛЬНЫЕ И НАТУРНЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ*

Аннотация: Обсуждаются вопросы использования виртуальных и натуральных экспериментов в процессе обучения физике. Отмечается, что виртуальные лаборатории органично встраиваются в информационно-образовательную среду учебного заведения, что, однако, не исключает их изолированного применения. Анализируются существующие пакеты программ, позволяющие реализовать виртуальные эксперименты. Формулируются дидактические требования к компьютерным моделям учебного назначения.

Ключевые слова: виртуальный эксперимент, компьютерное моделирование, "Живая Физика", цифровая лаборатория.

Внедрение информационных образовательных технологий в учебный процесс для дисциплин естественно-научного профиля сдерживается слабой лабораторно-практической поддержкой учебного процесса. В области изучения, например, физики важное значение имеет выполнение учебного эксперимента в лабораторных условиях.

В связи с этим предпринимаются попытки построения виртуальных лабораторий, где с использованием средств компьютерного моделирования создается виртуальная среда, имитирующая реальную действительность, с которой взаимодействует экспериментатор. Это направление развития современных образовательных технологий достаточно плодотворно, однако очевидно, что виртуальная лаборатория имеет вполне определенные ограничения, обусловленные допущениями и упрощениями, положенными в основу математической модели эксперимента.

Виртуальный лабораторный практикум, как правило, является составной частью информационно-образовательной среды (ИОС). Современные образовательные технологии направлены на активизацию познавательной деятельности учащихся, на усиление роли самостоятельной работы под руководством преподавателя. Для получения максимального дидактического эффекта как организация ИОС, так и методика работы в ней должны отвечать определенным требованиям. Современная ИОС, в

отличие от классно-урочной системы, ориентирована на самостоятельную, индивидуальную работу учащегося, а значит, способствует развитию навыков самостоятельной познавательной деятельности.

Согласно работе [1], дидактически обоснованная последовательность работы в ИОС содержит следующие этапы:

этап 1 - изучение теоретического материала;

этап 2 - осмысление и закрепление теории на практических занятиях;

этап 3 - приобретение и развитие практических умений, накопление профессионального опыта с использованием виртуальных лабораторных практикумов;

этап 4 - решение практических задач с помощью наукоемких ППП и специализированного программного обеспечения.

Третий этап особенно важен в преподавании дисциплин естественно-научного профиля. Виртуальные лаборатории органично встроены в ИОС и являются их составной частью. Если ИОС отсутствует, то это не означает, что виртуальная лаборатория не может использоваться в учебном процессе. Даже ее изолированное применение принесет несомненную пользу.

Отметим, что виртуальный лабораторный практикум в ИОС не подменяет собой "реальный". Собственными руками собирая измерительную установку, выполняя натуральный эксперимент, учащийся приобретает неоценимый личный опыт и навыки. Для получения конечного результата учащемуся необходимо осознанно выполнить достаточно сложный ряд действий и затем интерпретировать полученные результаты. Это очень существенно способствует получению глубоких, структурированных знаний в предметной области.

Виртуальный эксперимент дает возможность осуществить опыты, которые трудно или невозможно реализовать в учебной лаборатории по причинам технического или экономического характера. Другое достоинство виртуального эксперимента, обеспечивающее ему "образовательную нишу" – это простота и скорость получения результата. Реальная измерительная установка может отказать в самый ответственный момент ("визит-эффект"), изме-

* © Ким В.С.

рения могут оказаться длительными. В условиях учебного процесса виртуальный эксперимент демонстрирует заметно более низкие затраты времени и гарантированность получения конечного результата.

Современные информационные и телекоммуникационные технологии предоставляют новые возможности по использованию в учебном процессе удаленных дидактических материалов и средств. Эти технологии делают реальностью проектирование и создание виртуальных лабораторных практикумов с высокой степенью интерактивности. Подобные виртуальные лаборатории органично встраиваются в современный учебный процесс, занимая свою уникальную нишу, в большом разнообразии дидактических средств, предлагаемых в рамках используемых образовательных технологий.

Развитием этого направления можно считать разработку систем дистанционного управления реальными объектами – измерительными установками, стендами.

В работе [2] описывается опыт применения современных информационных технологий в создании виртуальной информационно-образовательной среды. Ядром описываемой виртуальной среды является Измерительный сервер (рис. 1). Удаленные пользователи посредством Интернета по протоколу http взаимодействуют с виртуальной средой в рамках технологии “Клиент-Сервер”. Измерительный сервер, получив запрос на измерение, конфигурирует устройство ввода-вывода, к которому подключена требуемая лабораторная установка, и запускает процесс измерения. Результаты измерений воз-

вращаются пользователю.

В результате удаленный пользователь получает возможность полноценного управления реальной измерительной установкой без каких-либо модельных ограничений. Единственное отличие от натурального эксперимента заключается в том, что экспериментатор не “крутит ручки” измерительных приборов. Это различие постепенно стирается, так как современные сложные установки для физического эксперимента, как правило, имеют компьютеризированное управление. Параметры измерительных установок меняются посредством электромеханических приводов на основе сигналов аналого-цифровых (цифро-аналоговых) преобразователей, сопряженных с датчиками различных физических параметров исследуемого объекта. В рамках этой технологии можно использовать и чисто виртуальную лабораторию для отработки допуска к работе на реальной, дорогостоящей экспериментальной установке.

Из вышесказанного следует, что применение новых информационных и телекоммуникационных технологий в образовании позволяет и для дисциплин естественно-научного профиля организовать полноценное обучение в виртуальной среде, не отличающейся по своим физико-техническим возможностям от реальной среды. В методическом же плане виртуальная среда имеет определенные преимущества перед реальной.

При рассмотрении дидактических аспектов применения виртуального эксперимента приходится рассматривать вопрос о квалификации преподавателя как программиста.

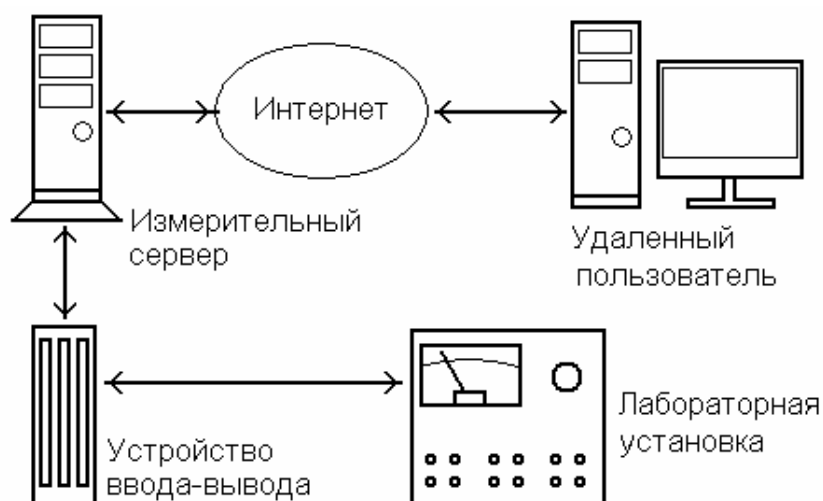


Рис. 1. Упрощенная структурная схема системы дистанционного измерения и управления экспериментом

Стандартная технология разработки учебного программного обеспечения предполагает совместную деятельность преподавателя (постановка задачи) и программиста (разработка алгоритма и кодирование). В практической работе это далеко не всегда удается реализовать. Поэтому необходимы программные продукты, не требующие высокой квалификации в области программирования.

С этой точки зрения в преподавании, например, физики большую пользу могут принести «физические конструкторы», позволяющие быстро создавать модели различных физических явлений, не имея квалификации программиста. Среди подобных конструкторов следует отметить пакет «Живая физика».

«Живая Физика» представляет собой локализованную версию программы «Interactive Physics», разработанной американской фирмой MSC.Working Knowledge. В «Живой Физике» пользователь может самостоятельно создавать модели физических явлений и проводить эксперименты. Здесь предоставляются возможности для интерактивного моделирования движения в гравитационном, электростатическом, магнитном или любых других полях, а также движения, вызванного всевозможными видами взаимодействия объектов.

В работах [3, 4] описывается методика совместного использования «Живой Физики» и цифровой лаборатории «Архимед». «Живая Физика» характеризуется как компьютерный конструктор по «плоской» механике, позволяющий в интерактивном режиме создавать компьютерные модели и запускать их, получая при этом на экране анимированное изображение результатов моделирования. Имеется возможность построения графических зависимостей для изучаемых явлений. Для взаимодействия с внешним миром существует возможность экспорта результатов моделирования и импорта данных в текстовом формате.

Отмечается, что существенным ограничением «Живой Физики» является отсутствие сколько-нибудь развитых средств обработки результатов моделирования. При использовании «Живой Физики» у учащихся нет прямого способа убедиться, что результаты моделирования отражают поведение объектов в реальном мире.

Для полноценного физического практикума необходимы натурные эксперименты. При этом лабораторная установка должна иметь унифицированный интерфейс с программным обеспечением для обработки и интерпретации

результатов эксперимента. В этом плане можно отметить цифровую лабораторию «Архимед».

Цифровая лаборатория «Архимед» представляет собой программно-аппаратный комплекс для проведения широкого спектра исследований, демонстраций и лабораторных работ по физике, биологии и химии на базе мобильного карманного персонального компьютера Palm (КПК) и датчиков, которые могут быть подключены к созданной преподавателем или учащимися натурной экспериментальной установке. Сбор данных и их первичная обработка возможны при совместном использовании Измерительного Интерфейса и КПК с установленной программой Image Probe, обеспечивающей сбор и хранение результатов эксперимента в памяти КПК и передачу их на персональный компьютер. Программа MultiLab обеспечивает обработку экспериментальных данных на персональном компьютере.

Схема обработки данных такова, что анализ экспериментальных данных оказывается оторван от момента наблюдения собственно явления.

В качестве недостатка указывается на ограниченность набора датчиков, по причине чего некоторые величины вообще не могут быть измерены в ходе эксперимента [3].

В состав лаборатории по физике включены следующие датчики:

DT001. Вольтметр с симметричным входом. Диапазон измерений ± 25 В

DT005, DT006. Амперметр и миллиамперметр дифференциального типа, предназначены для измерения силы тока с диапазоном измерений $\pm 2,5$ А и ± 250 мА.

DT008. Микрофон с частотным диапазоном 35–10000 Гц. Не предназначен для контроля уровня звука. Диапазон выходного сигнала $\pm 2,5$ В.

DT009-4. Высокоточный датчик освещенности. Три диапазона измерений: 0–600 лк; 0–6 клк; 0–150 клк.

DT014. Датчик предназначен для измерения относительной влажности. Диапазон измерений 0–100 %

DT015-1. Датчик давления предназначен для измерения абсолютного давления газов. Диапазон измерений 0–700 кПа.

DT272. Динамометр. Диапазон измерений ± 10 Н, ± 50 Н.

DT156. Датчик индукции магнитного поля. Диапазон измерений ± 10 мТл и $\pm 0,2$ мТл.

DT020-1. Датчик расстояния. Измеряет расстояние от места установки датчика до объ-

екта. Диапазон измерений 0,4–10 м; 0,4–2 м.

DT029, DT025. Датчики температуры с диапазонами измерений –25 – +110 °С и 0–1250 °С.

DT116. Счетчик Гейгера–Мюллера. Диапазон измерений 0–4096 Бк.

DT148A. Датчик угла поворота. Измеряет угловые отклонения от заданного направления.

DT13. Фотоворота, предназначены для измерения времени прохода предметов через створ фотоворот.

DT320. Датчик уровня шума. Датчик уровня шума измеряет величину звукового шума в Дб (dB) в диапазоне от 45 до 110 Дб.

Приведенный список дает представление о возможностях цифровой лаборатории “Архимед”. Интересным направлением применения цифровой лаборатории могло бы стать конструирование новых датчиков на основе базовых, что существенно расширило бы “измерительную” область лаборатории.

Виртуальный учебный эксперимент основан на компьютерных моделях, к которым также необходимо предъявлять определенные дидактические требования.

Здесь необходимо отметить, что натурные модели все-таки работают согласно физическим законам (это является их важным преимуществом), в то время как работа компьютерной модели определяется только алгоритмом, заложенным в программу-исполнитель. Если математическая модель, заложенная в основу алгоритма, неадекватно описывает моделируемые физические процессы, то компьютерная модель будет действовать неверно. То есть от программистов требуется достаточно высокая квалификация в данной предметной области. Программист должен прекрасно знать физику, чтобы построить хорошую физическую модель. Причем уровень владения физикой не определяется уровнем знаний учащихся, для которых создается модель, а должен очень существенно превышать его. Требования к программисту ослабевают, если работа выполняется в тесном взаимодействии с преподавателем – специалистом в данной предметной области. Однако в этом случае возникают проблемы организационного и межличностного характера.

Помимо этих физических требований, к модели предъявляются и дидактические – модель должна обеспечивать повышение эффективности усвоения учебного материала по сравнению с традиционными методами обучения. Если этого не удастся добиться, то подобный виртуальный учебный физический экспери-

мент лишен смысла, даже если с научной точки зрения компьютерная модель безупречна.

Таким образом, высокая достоверность моделирования физических процессов является необходимым, но недостаточным условием для организации виртуального учебного эксперимента. Определяющим является условие дидактической целесообразности применения модели.

С этих позиций проанализируем существующее программное обеспечение ЭВМ учебного назначения. В качестве примера рассмотрим лабораторную работу №2 из комплекта “Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы” [5].

Виртуальная физическая лаборатория представляет собой 2D-модели, позволяющие имитировать действия обучаемого с виртуальными объектами – различными предметами и измерительными приборами. Видимо, для упрощения разработки моделей, используются различные условно-графические обозначения, позволяющие управлять моделью то есть в полной мере выполнить моделирование реальных действий не удается. Выполнение работ достаточно удобно. Большинство действий интуитивно понятно, однако в некоторых случаях возникают затруднения. Это происходит, когда используются условно-графические обозначения.

В лабораторной работе №2 выполняется измерение массы тела на рычажных весах. Учащийся может воспользоваться “рычажными весами” и набором “гирь”. В качестве объектов измерения предложены различные предметы: деревянный брусок, стальной болт, ракушка, модель автомобиля и большой металлический цилиндр. Масса цилиндра очень велика, и набора гирь недостаточно для измерения. Поэтому необходимо в качестве гирь использовать другие предметы.

Разработчики виртуальной лаборатории стремились как можно точнее воспроизвести внешний вид весов – световые блики на пластмассовых чашках, фактура материала отдельных деталей весов и т.д.

Что же касается моделирования физических процессов, определяющих работу весов, то здесь можно сделать несколько замечаний. В частности, коромысло весов вблизи “нуля” скачком переходит в состояние равновесия. Учитывая физику процесса уравнивания, модель весов должна выполнять затухающие колебания вблизи положения “нуля”. При подходе к точке равновесия скорость движения коромысла должна падать.

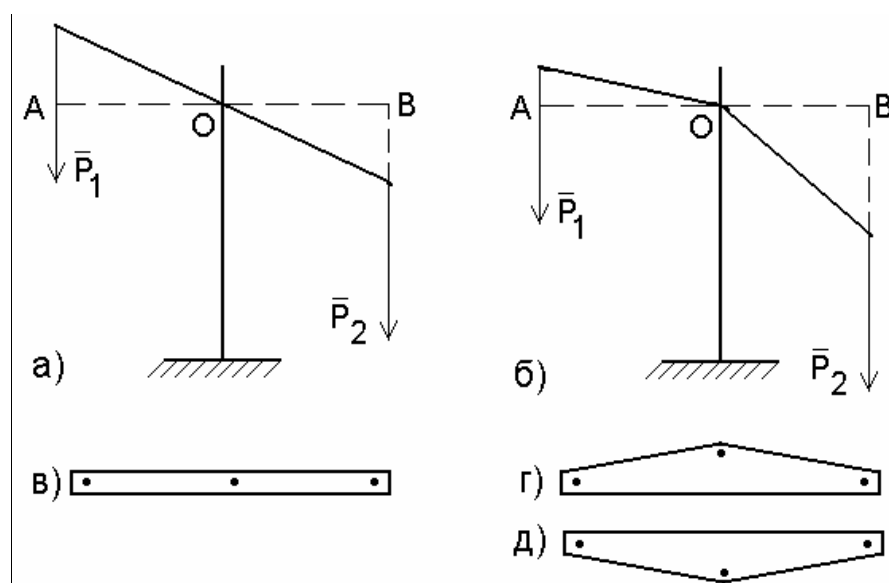


Рис. 2. Моделирование работы весов

Рассмотрим более детально процесс уравнивания весов. Схематически представим себе рычажные весы, у которых коромысло представляет собой прямую линию (рис. 2). Точнее говоря, точки подвеса грузов А и В и ось вращения коромысла О находятся на одной линии, то есть центр тяжести системы находится на оси вращения О. Пусть силы и плечи сил АО и ОВ одинаковы, то есть вращающие моменты равны. Легко видеть, что плечи сил АО и ОВ будут всегда равны, независимо от положения коромысла. Система всегда будет находиться в состоянии безразличного равновесия, и коромысло весов не будет двигаться в сторону нулевой отметки, то есть время уравнивания равно бесконечности.

Для того чтобы весы работали, точки подвеса грузов А и В должны быть ниже оси вращения коромысла О на некоторую величину S (если выше, то весы будут находиться в состоянии неустойчивого равновесия и малейшее смещение вызовет дальнейший разбаланс весов). Иными словами, центр тяжести системы должен располагаться ниже оси вращения коромысла. В этом случае плечи АО и ОВ будут зависеть от положения коромысла. При разбалансе, когда коромысло АВ поворачивается относительно горизонтального положения, плечи сил будут меняться. Например, пусть поворот произошел по часовой стрелке, тогда плечо АО будет больше плеча ОВ, то есть возникнет момент, вращающий коромысло против часовой стрелки. В результате коромысло будет стремиться к нулевой отметке. На нулевой отметке точки подвеса

грузов будут располагаться строго на горизонтальной прямой и плечи сил АО и ОВ будут равны. Весы будут находиться в состоянии устойчивого равновесия. Чем меньше расстояние S , тем чувствительнее весы, но тем больше время их успокоения.

Модель «правильного» коромысла может представлять собой брусок прямоугольного сечения, где точки А и В должны располагаться ниже точки О. Для «неправильного» коромысла точки А и В располагаются выше точки О, либо на одном уровне с осью вращения.

Рассмотрение этого вопроса может вызвать оживленное обсуждение на уроке, поскольку здесь учащиеся сталкиваются с проблемой неработающих простейших весов и ее неочевидным решением.

Теперь обратимся к модели рычажных весов из лабораторной работы №2 [5]. На компьютерной модели весов видно (рис.3), что коромысло имеет «неправильную» конфигурацию. Иными словами, в реальности подобные весы работать не должны. Мы столкнулись со случаем, когда «неправильная» виртуальная модель реальных весов успешно работает. Учащийся, сидя за монитором компьютера и манипулируя мышью, может выполнить все взвешивания. Программный алгоритм будет заставлять двигаться «неправильное» коромысло виртуальных весов в нужном направлении.

Можно ли в данном случае говорить о компьютерном моделировании физических процессов, происходящих при взвешивании на рычажных весах? Нет. Учащийся, знающий, как



Рис. 3. Коромысло модели весов

работают реальные весы, будет в недоумении – почему весы работают?

Адекватная компьютерная модель должна воспроизводить все существенные свойства объекта моделирования. Задавая различные внешние воздействия, мы должны иметь возможность изучать поведение модели. В частности, если перевернуть весы “вверх ногами”, то есть вектор ускорения свободного падения направить вверх, то реальные весы должны перестать работать. Рассматриваемая же нами модель весов, возможно, будет продолжать работать, поскольку здесь движение коромысла – всего лишь визуальный эффект. В этом случае следует говорить не о полноценном компьютерном моделировании, а о компьютерной анимации. Компьютерная анимация широко используется для повышения эффективности учебного процесса, но следует отчетливо понимать ее отличие от компьютерной модели и принимать во внимание ограничения, свойственные анимации. Компьютерная анимация, в отличие от компьютерной модели, почти не дает новой информации об объекте, а только лишь повышает наглядность изложения учебного материала.

Таким образом, для повышения эффективности обучения физике необходимо использовать виртуальные эксперименты наряду с натурными, а при разработке учебных компьютерных моделей следует придерживаться специфических требований, обусловленных логикой учебного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Путилов Г.П., Тарасов И.А., Тумковский С.Р. Технология создания виртуального лабораторного практикума в информационно-образовательной среде. [Электронный ресурс]. Доступно из URL:

<http://learning.itsoft.ru/docs/ptt.html> [Дата обращения 5.10.2009]

2. Гортышов Ю.Ф., Михайлов С.А. Современные информационные технологии в создании виртуальной информационно-образовательной среды удаленного доступа в инженерной подготовке и научной деятельности. [Электронный ресурс]. Доступно из URL: <http://www.ict.edu.ru/vconf/files/8257.doc> [Дата обращения: 5 октября 2009]
3. Дунин С.М., Федорова Ю.В. Совместное использование программы «Живая физика» и Цифровой лаборатории Архимед // Физика. Приложение к газете «Первое сентября». – 2005. – № 11. – С. 4-7.
4. Дунин С.М. О подготовке к применению в школах интерактивной компьютерной среды «Живая Физика» // Преподавание физики в высшей школе: Школьная методика: Сб. научных трудов. – 1996. – № 5. – С. 24-27.
5. Виртуальные лабораторные работы по физике. 7-9 классы [Электронный ресурс]: – М. Новый диск, 2007. – электрон. опт. диск (CD-ROM).

V. Kim

VIRTUAL AND NATURAL EXPERIMENTS IN TRAINING TO THE PHYSICIST

Abstract. questions of use of virtual and natural experiments during training to the physicist are discussed. It is marked, that virtual laboratories are organically built in the information-educational environment of an educational institution, that, however, does not exclude their isolated application. The existing software packages are analyzed, allowing to realize virtual experiments. Didactic requirements to computer models of educational purpose are formulated.

Key words: virtual experiment, computer modeling, «Interactive Physics», digital laboratory.