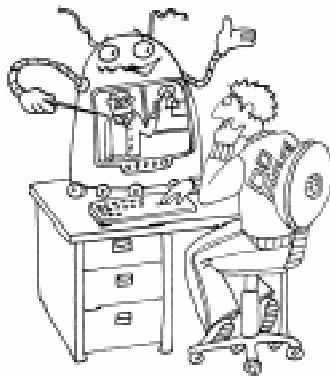


Вольфганг Кристиан,  
Марио Беллони,  
Мелисса Дэнси,  
Анна Кох

## ИНТЕРАКТИВНЫЕ УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ФИЗЛЕТОВ

### ВВЕДЕНИЕ

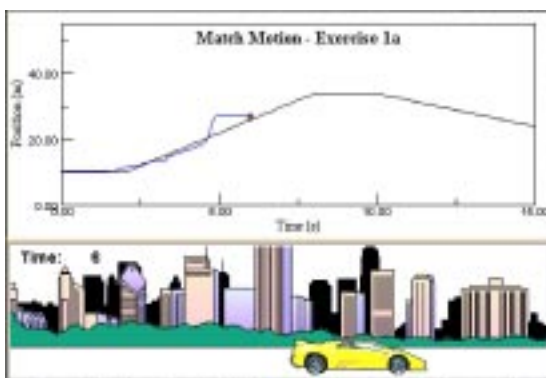
Сегодня трудно представить себе преподавателя, не слышавшего призыва «учить, используя современные технологии», постоянно звучащего уже несколько лет в образовательных учреждениях и правительственных организациях. Однако технологический подход в обучении часто приводит к использованию технологии ради технологии и порождает инструменты, педагогическая ценность которых весь-



*Цель физлетов - повысить эффективность обучения ..., обеспечивая интерактивное взаимодействие между студентом и преподавателем.*

ма сомнительна. Рассмотрим, например лекции, читаемые с использованием PowerPoint как наиболее распространенный отклик на призыв использовать современные информационные технологии в обучении. Они, несомненно, более красочны, но с точки зрения активного воздействия на слушателя ничем не отличаются от лекций у доски [1]. Физики, к своей чести, сделали достаточно много, внедряя современные технологии для повышения интерактивности и эффективности обучения – например, создали учебные классы

со специальным оборудованием, позволяющим дистанционно проводить тестирование студентов, оснастили лаборатории микрокомпьютерами, освобождая студентов от рутинной работы по сбору и обработке данных и дающими возможность сосредоточиться на сути изучаемых явлений. К этому списку мы хотим добавить физлеты – специализированную коллекцию интерактивных компьютерных моделей, которую мы разрабатывали, не упуская из вида требований педагогики (см. рисунок 1). Цель физлетов – повысить эффективность обучения студентов, обеспечивая интерактивное взаимодействие между студентом и преподавателем. Более того, физлеты – до-

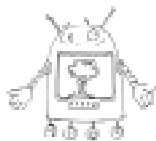


**Рисунок 1:** Физлет в действии: машина в этом окне активный объект.

Учащийся должен перемещать машину курсором так, чтобы график ее движения совпал с нарисованным.

статочны гибкий инструмент, и их легко приспособить для реализации конкретных педагогических подходов на различном оборудовании. Так как физлеты разработаны с использованием html и открытых интернет-технологий, учебные материалы, основанные на их базе, легко переводятся на любые языки, и поэтому Web-сайты физлетов можно обнаружить по всему миру.

Набор апплетов, которые мы называем физлетами, обладает свойствами, делающими его чрезвычайно полезным для реализации творческих инициатив преподавателя.



- **Физлеты просты.** Графика проста. Каждый физлет затрагивает только один конкретный аспект физического явления. Это делает их относительно небольшими, что чрезвычайно важно при медленных скоростях сети.



- **Физлеты наглядны и интерактивны.** Предоставляя студентам возможность самим решать, какие измерения производить и какие переменные изменять, и обеспечивая взаимодействие с физлетами в реальном времени, мы тем самым вовлекаем студентов в процесс управления учебным экспериментом. Обратите внимание, как изучаются законы движения автомобиля на рисунке 1. Наглядное и активное решение задачи приводит к более глубокому пониманию материала, чем в результате чтения обычного текста.



- **Физлеты – гибкий инструмент.** Физлеты легко настраиваются и управляются с помощью языка JavaScript. Это означает, что один и тот же физлет, например аниматор, может быть использован для решения практически любой задачи механики, и это требует лишь незначительных изменений в тексте, написанном на языке JavaScript, а не в самом апплете, реализованном на Java.

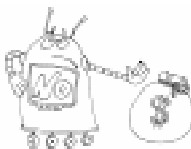


- **Педагогические возможности физлетов еще не изучены до конца.** Физлеты могут быть использованы как элемент практически любого

учебного курса с любым стилем преподавания. Мы, конечно, верим в то, что такие методы активного обучения [2–4], как «целенаправленная и своевременная помощь» [5], «диалог с партнером» [6], «постоянный контроль и консультации» [7] улучшают возможности преподавания, но физлеты можно использовать и как обычные иллюстрации к лекциям или как домашние задания.



- **Физлеты основаны на Web-технологиях.** Они могут работать на практически любой платформе и легко встраиваются в html-документы любого типа, будь то файл с домашним заданием, личный Web-сайт или большой научный консультационный сайт.



- **Физлеты распространяются свободно для некоммерческого использования.** Архивы физлетов, представляющие собой заархивированные Java-коды, можно найти на сервере колледжа г. Дэвидсон – Davidson College WebPhysics. <http://webphysics.davidson.edu>.

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Схема «Модель-Визуализация-Управление» (MVC) – одно из самых удачных из когда-либо изобретенных архитектурных решений. Она лежит в основе языка программирования SmallTalk и была широко использована при разработке компонента пользовательского интерфейса платформы Java 2. Эта схема хорошо подходит и для формирования интерактивных учебных материалов с использованием физлетов. Компонент «Модель» обрабатывает данные и предоставляет пользователю методы, позволяющие их менять. Блок «Управление» обеспечивает взаимодействие пользователя с моделью с помощью клавиатуры или мыши. «Визуализация» обеспечивает наглядное представление данных. Для одних и тех же блоков «Модель» и «Управление» может быть разработано несколько различных блоков «Визуализация».

Для реализации блоков «Модель» и «Визуализация» следует использовать компилируемые коды объектно-ориентированного языка, такого как Java, так как эти компоненты зачастую достаточно сложны, и скорость вычислений является важным фактором. Их лучше всего реализовать как отдельные апплеты. Реализация блока «Управление» требует иного подхода. Пользователь обращается к нему достаточно редко, по сравнению с частотой работы процессора, и его не нужно компилировать. И что более важно, он должен быть легко изменяемым, потому что трудно заранее удовлетворить непредсказуемым пожеланиям авторов учебных курсов. Кто может предсказать, что захочет визуализировать преподаватель – координату, энергию или силу? А что будет, если объектов много? Текст, написанный на языке разработки сценариев, таком как JavaScript, и встроенный в html-документ, обеспечивает идеальное решение этой проблемы, так как у преподавателя появляется возможность менять поведение физлета, исходя из собственных потребностей.

Еще одно преимущество использования JavaScript для управления моделью и средствами визуализации заключается в том, что необходимое управление может быть рассредоточено по всему учебному материалу. Вездесущий указатель языка html-страниц, представляющий ссылку на другой html-документ, тоже может быть использо-

ван для выполнения кода JavaScript. Для этих целей подойдут и html-кнопки, таймеры, события, создаваемые пользователем при щелчке мышью или перемещении курсора на нужный образ. При этом откомпилированные Java апплеты, объединяющие блоки «Модель», «Визуализация» и «Управление», остаются неизменными и многократно используются в разных частях текста. Html помогает физлетам поддерживать единый для всего документа пользовательский интерфейс, что облегчает понимание различных частей материала.



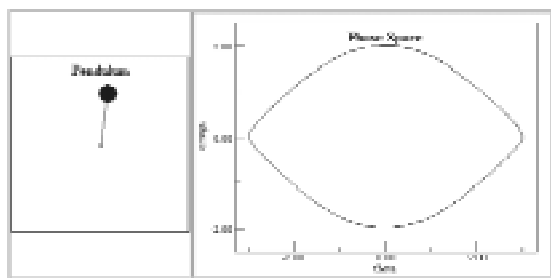
*...он должен быть легко изменяемым, потому что трудно заранее удовлетворить... пожеланиям авторов учебных курсов.*

### СОЗДАНИЕ СЦЕНАРИЕВ

Физический маятник может быть использован как хороший пример реализации схемы MVC для создания учебного задания, основанного на физлете. Модель маятника описывается системой трех дифференциальных уравнений первого порядка. ODE-физлет находит решение системы и передает его двум различным блокам «Визуализация», показанным на рисунке 2, используя стандартные механизмы взаимодействия между апплетами. Первый блок «Визуализация» реализует двумерную анимацию движения маятника в виде красного шара, прикрепленного к стержню. Второй блок - это фазовый портрет.

Перед тем, как создавать сценарий управления апплетом, апплет необходимо правильно разместить внутри html-страницы. Встраивание апплета в страницу аналогично встраиванию изображений. Например, DataGraph-физлет – типичный физлет, используемый для анализа данных, может быть встроен как показано в листинге 1.

Атрибут «codebase» указывает папку, где расположены файлы, атрибут «archive» говорит, какие именно файлы необходимы для запуска, и, наконец, атрибут «code» передает точку входа в апплет. В данном примере, мы запускаем физлет *DataGraph*.



**Рисунок 2.** Моделирование маятника с двумя вариантам отображения его поведения.

Апплет в данном примере получил свое собственное логическое имя «plot\_view», которое может быть использовано в JavaScript для взаимодействия с ним. Другие апплеты внедряются аналогичным способом за исключением того, что ODE-апплет имеет нулевые значения параметров «height» (высота) и «width» (ширина), потому что он не отображается на экране – он просто решает дифференциальные уравнения.

После того, как апплет добавлен, мы используем JavaScript для вызова его методов, применяя обычную нотацию при работе с объектами. Начинаем с объекта «document» как объекта наивысшего уровня. Например, апплет «plot\_view» инициализируется так, как показано в листинге 2.

Практически все физлеты поддерживают один или более методов добавления объектов – addObject, предназначенных для создания объектов внутри апплета. Этот метод вызывается следующим образом:

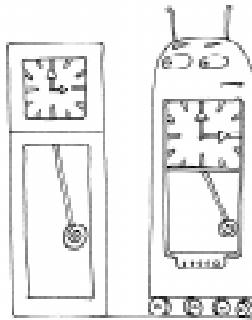
**addObject(String name, String attributes) .**

Объекты, добавляемые к физлету, обычно (но не всегда) имеют свое визуальное представление на экране. Первый аргумент – это имя добавляемого объекта, второй аргумент – список параметров, разделенных запятой. Важной особенностью метода addObject является то, что он возвращает уникальный идентификатор – id, который позже может быть использован для изменения свойств объекта. Например, ок-

**Листинг 1.**

```
<applet
  codebase="../classes/"
  archive="DataGraph4_.jar,ODE4_.jar,STools4.jar"
  code="dataGraph.DataGraph.class"
  name="plot_view" width="400"
  height="300">
  <param name="AutoScaleX" value="true">
  <param name="AutoScaleY" value="true">
  <param name="ShowControls" value="true">
</applet>
```

ружность, показанная на рисунке 2, была добавлена к физлету Animator под именем «animation\_view» с помощью следующих операторов JavaScript (см. листинг 3).



*Физический маятник может быть использован как хороший пример реализации схемы MVC для создания чревоного задания, основанного на физлете.*

Вызывать метод addObject очень удобно – его параметры могут быть указаны в любом порядке и часть параметров можно опускать. В последнем случае используется значение параметра по умолчанию. Неверно заданные или неподдерживаемые параметры игнорируются.

Системы дифференциальных уравнений первого порядка (ODE), необходимые для описания поведения модели, задаются в физлете «ODE». Например, уравнения маятника могут быть записаны в виде, представленном в листинге 4.

Физлет ODE должен вычислить и передать значения переменных t, theta, и omega в соответствующие блоки «Визуализация», реализующие фазовый портрет, график и анимацию.

Физлет ODE должен вычислить и передать значения переменных t, theta, и omega в соответствующие блоки «Визуализация», реализующие фазовый портрет, график и анимацию.

**Листинг 2.**

```
document.plot_view.setLabelY("omega");
document.plot_view.setLabelX("theta");
document.plot_view.setTitle("Pendulum Phase Space");
```

**Листинг 3.**

```
ball_id=document.animation_view.addObject(
  «circle», «x=0,y=-1.0,r=10»);
document.animation_view.setRGB( ball_id, 255, 0,0 ).
```

**Листинг 4.**

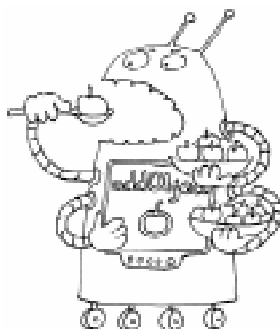
```
document.ode.setDefault();
document.ode.addObject(
    "ode", "var=t, value=0, rate=1");
document.ode.addObject(
    "ode", "var=theta, value=3, rate=omega");
document.ode.addObject(
    "ode", "var=omega, value=0, rate=-sin(theta)");
document.ode.parse();
```

Взаимодействие между апплетами организуется средствами языка Java, но изначально соединение устанавливается с использованием сценария. Объект, содержащий данные и расположенный в апплете – «отправителе», должен реализовать Java-интерфейс SDataSource, а объект-приемник использует интерфейс SDataListener. Оба объекта регистрируют себя в Java-классе, являющемся общим для всех физлетов. После этого используется JavaScript, устанавливающий соединение между источником и приемником, используя следующий метод:

```
makeDataConnection(int sid, int lid,
    int series, String xfunction,
    String xfunction);
```

Первые два параметра, sid и lid являются идентификаторами объекта-источника и объекта-приемника, соответственно. Третий параметр – это число, определяемое пользователем, которое может быть использовано объектом-приемником, для того чтобы хранить нужное количество наборов данных. Последние два параметра содержат представленные в текстовой форме описания математических функций, необходи-

мые для работы объекта-приемника, аргументами которых могут быть любые переменные объекта-источника данных. Значения этих функций вычисляются по мере того, как данные передаются через соединение, и таким образом объект-приемник сразу получает необходимые для его работы значения. Например, JavaScript-код, обеспечивающий передачу значений переменных omega и theta из физлета ODE в блоки, где строится анимация и рисуется фазовый портрет, выглядит как показано в листинге 5.



*Практически все физлеты поддерживают один или более методов добавления объектов - addObject...*

Первые два оператора JavaScript необходимы для получения идентификаторов Java-объектов, которые будут получать данные. Обмен данными между апплетами происходит очень быстро (он реализован средствами Java) и гибко (управляется средствами JavaScript). Единственное изменение, которое необходимо сделать, чтобы изменить форму отображения данных, – это отредактировать текстовое представление функций, то есть написать две новые строки.

**ПЕДАГОГИКА**

Начиная от изобретения телевизора и заканчивая изобретением компьютера и всемирной паутины, педагоги часто возлагали свои надежды о лучшем обучении на современные технологии. Однако исследования показали, что обучение с использованием современных технологий без учета требований педагогики не приносит желаемого результата [8]. Хотя богатое содержание и интерактивность, обеспечиваемые физлетами,

**Листинг 5.**

```
graph_id=document.graph_view.getGraphID();
ode_id=document.ode.getSourceID();
document.ode.makeDataConnection(
    ode_id,graph_id,1, "theta", "omega");
document.ode.makeDataConnection(
    ode_id,ball_id,1, "sin(omega)", "cos(omega)");
```



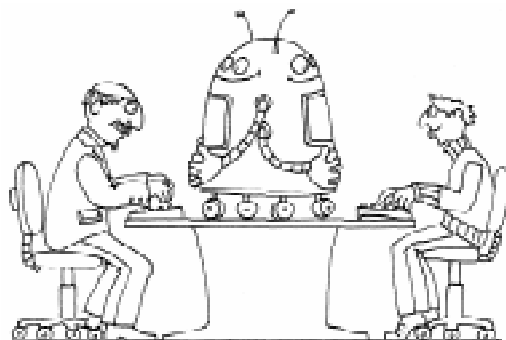
могут быть педагогически полезными, все же при их использовании может не хватать человеческого фактора, который так важен для эффективного обучения. Чтобы стать по-настоящему эффективными, физлеты должны использовать возможности компьютера обмениваться информацией так, чтобы создать обратную связь между преподавателем и студентом.

#### СВОЕВРЕМЕННАЯ И ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННАЯ ПОМОЩЬ

Новый и многообещающий подход, известный как «своевременная и целенаправленная помощь», Just-in-Time education (JiTT), впервые был использован в университете штата Индиана и в академии военно-воздушных сил США и был усовершенствован в колледже г. Девидсона. Технология JiTT подробно описана в книге «Метод своевременной и целенаправленной помощи: Активное обучение на базе Web-технологии» [5].

Главная идея JiTT – связать воедино возможности обучения в сети с обучением в классе. Перед занятием в классе студенты получают по сети электронные задания и посылают по сети преподавателю свои ответы. Преподаватель читает полученные ответы и корректирует содержание лекции и упражнений, с тем чтобы в максимальной степени удовлетворить запросы обучающихся. Таким образом, ключевая идея JiTT – это возникновение обратной связи. Предварительная работа студентов вне класса дает возможность преподавателю подготовиться к очередной лекции – и это принципиально влияет на происходящее в классе.

Хотя технология JiTT может быть успешно реализована даже тогда, когда используются только технически простые Web-ориентированные задачи, внедрение физлет-задач дает возможность лучше оценивать понимание студентами материала и лучше стимулирует студенческую активность. Работа с заданиями, реализованными с помощью анимации, непосредственное наблюдение и анализ происходящего на экране, требует совершенно иных способностей и другого уровня понимания мате-



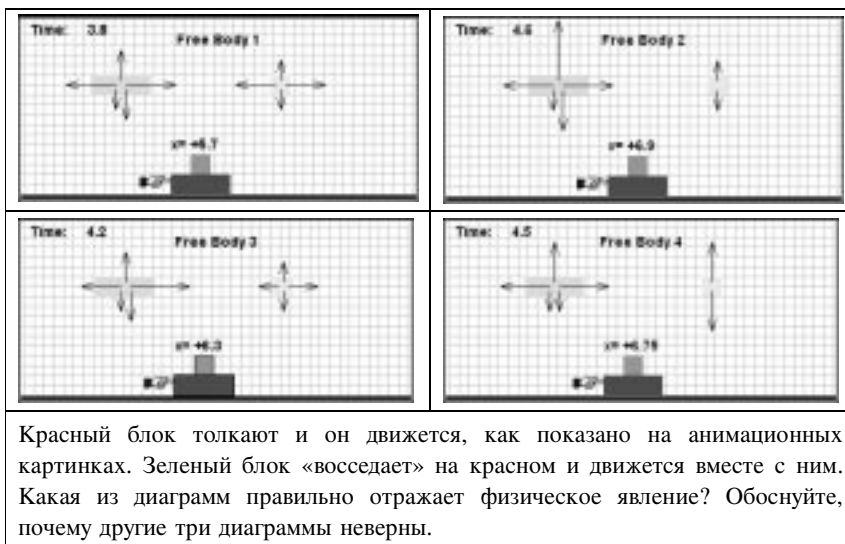
*...физлеты должны использовать возможности компьютера обмениваться информацией так, чтобы создать обратную связь между преподавателем и студентом.*

риала, чем ответы на «статические» вопросы. Методика JiTT идеально подходит для того, чтобы помочь студентам улучшить их способности к анализу и углубить их концептуальное понимание предмета.

Задача, показанная на рисунке 3, требует от студентов определить, какая из диаграмм правильно отражает движение двух блоков. Студенты должны понять, что если ускорение отсутствует, то верна диаграмма № 2. Ниже приведены ответы трех студентов, присланные преподавателю.

Студент 1: «Я считаю верной диаграмму номер 1. На диаграмме 2 не показаны горизонтальные силы, действующие на зеленый блок. Диаграмма 3 показывает, что горизонтальная результирующая сила будет направлена вправо. Это означает, что тела будут ускоряться, двигаясь направо, но объекты движутся с постоянной скоростью, следовательно, нет ускорения и не должно быть результирующей силы, направленной вправо. На диаграмме 4 опять же не показаны горизонтальные силы, действующие на меньший блок, а сила тяжести, действующая на большой блок, слишком мала».

Студент 2: «Верной считаю диаграмму номер 2. Диаграмма 1 неверна, так как нормальная сила, действующая на красный блок, направлена вверх, меньше, чем сумма сил тяжести красного и зеленого блоков, а также из-за того, что на зеленый блок действуют горизонтальные силы. Диаграмма 3 неверна по тем же причинам, что и диаграмма 1, а также еще и пото-



**Рисунок 3.** Физлет-задача используется в качестве предварительного JiTT-задания. На анимационных картинках блоки движутся с постоянной скоростью.

му, что горизонтальные силы, действующие на красный блок, не равны. Если бы это было правдой, то блоки бы двигались с ускорением. Диаграмма 4 также неверна, так как неверно показаны гравитационные силы для зеленого блока на диаграмме слева и на диаграмме справа».

Студент 3: «Верной считаю диаграмму номер 3. Диаграмма 1 неверна, так как сила, действующая со стороны руки, имеет значение, равное силе трения, следовательно, в этом случае объект не смог бы двигаться. Диаграмма 2 неверна по той



...предлабораторные упражнения — это прекрасный способ познакомиться студентов с идеями и иногда даже с оборудованием...

же причине, а также потому, что во второй диаграмме не показана ни одна сила, действующая на маленький блок в горизонтальном направлении, и оба объекта имеют одни и те же горизонтальные составляющие. И, наконец, диаграмма 4 неверна по той же причине, что и диаграмма 1, а также потому, что вертикальные направляющие силы не уравновешивают друг друга, а

должны, так как объект не двигается в вертикальном направлении».

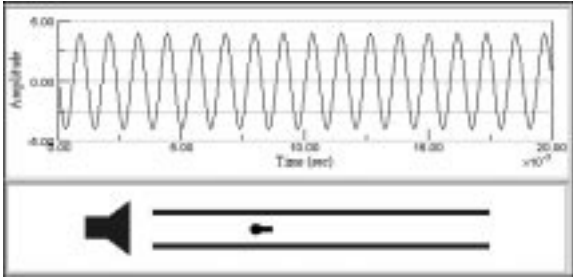
Студенческие ответы очень ценны и дают преподавателю возможность правильно выбрать исходную позицию для обсуждения в классе. Обратите внимание, что физлет-версия поставленного вопроса требует, чтобы студенты сами догадались, что ускорение блоков играет важную роль в решении этой задачи. Если бы студентам просто предложили четыре статические диаграммы и сказали бы, что скорость остается постоянной, то в самом условии задачи содержалась бы подсказка. И хотя мы знаем, что многие студенты до сих пор придерживаются точки зрения, что любое движение требует силы, напоминание о постоянстве силы наверняка привлекло внимание хотя бы нескольких человек. Физлеты же позволяют нам задавать студентам вопросы, не содержащие неявных подсказок.

#### ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Задания, основанные на физлетах, могут быть написаны так, что будут очень похожи на реальные лабораторные работы, и в этом случае мы считаем, что они дают возможность организовать замечательную

подготовку к предстоящим лабораторным работам. Перед тем как студенты придут в лабораторию, мы часто требуем от них ответить на вопросы, предложенные в виде физлетов. Используя технологию JITT, студенты представляют свои ответы в электронном виде, перед тем как идти в класс, и инструктор может просмотреть ответы до того, как начнется лабораторная работа. Мы выяснили, что предлабораторные упражнения – это прекрасный способ познакомить студентов с идеями и иногда даже с оборудованием, с которым они столкнутся в лаборатории. Это позволяет студентам работать в лаборатории быстрее и с большим пониманием.

Рисунок 4 демонстрирует задачу, подобную той, которая предлагается во время лабораторной работы при изучении теории звука. В лаборатории студентов просят присоединить динамик к трубе и определить скорость звука путем определения узловых точек. Упражнение, реализованное в виде физлета, предлагает студентам сделать то же самое, но только с помощью виртуального лабораторного стенда. Таким образом, предлагая эту задачу как предлабораторное упражнение, мы добиваемся того, что студенты приходят в лабораторию с пониманием концепций и необходимых вычислений, относящихся к лабораторному эксперименту, и могут сконцентрировать свое внимание на получении и анализе данных. Эта задача также может быть прекрасным вопросом на экзамене, позволяющим оценить, как студенты усвоили материал лабораторных работ, избежав при этом необходимости вновь устанавливать лабораторное оборудование.



Используя громкоговоритель, мы создали постоянно действующую звуковую волну внутри трубы. Перемещаемый микрофон находится внутри трубы (его положение задано в сантиметрах, а время – в секундах). На графике изображен звук, записанный микрофоном как функция от времени. Перемещайте микрофон вперед и назад для того, чтобы увидеть, как меняется амплитуда звука, который получает микрофон.

- В каком положении амплитуда звука приближается к нулю? Как называется эта точка?
- В какой положении амплитуда звука приближается к максимуму? Как называется эта точка?
- Определите длину звуковых волн, используя узловые точки.
- Определите частоту звука, используя график.
- Найдите скорость звуковых волн в трубе используя длину и частоту волны.

**Рисунок 4.** Физлет-упражнение, построенный в форме виртуальной лаборатории.

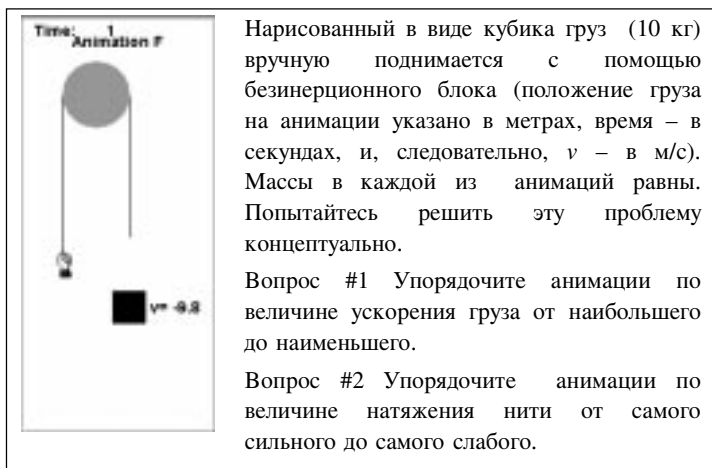
#### ДИАЛОГ С ПАРТНЕРОМ

«Диалог с партнером» – это подход, используемый для того, чтобы придать элемент дискуссии традиционным лекциям [6]. Важные концептуальные вопросы ставятся перед студентами непосредственно во время лекции. Студентов просят обдумать поставленный вопрос, а затем вернуться к своему соседу и привести доводы в пользу своей точки зрения. Инструктор может провести опрос и начать дискуссию. Мы считаем, что физлеты также хорошо подходят для организации диалогов с партнером и по тем же причинам, что



*...физлеты так же хорошо подходят для организации диалогов с партнером...*



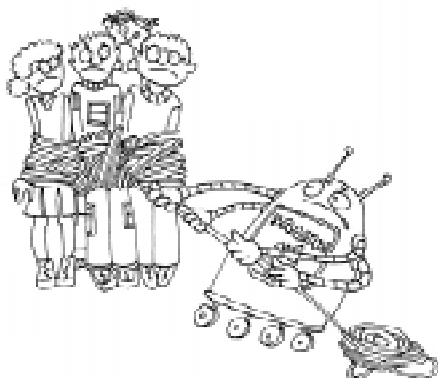


**Рисунок 5.** Задача об ускорении и натяжении, в которой надо упорядочить наблюдаемые явления.

и для JITT технологии. Упражнения на физлетах очень хороши для выявления простых, концептуальных вопросов, вызывающих трудности для понимания.

#### СОВМЕСТНОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

Мы также верим, что многие задачи, построенные на физлетах, прекрасно подходят и для коллективного решения. Хеллер и др. доказали, что традиционные упражнения, помещаемые в книги в конце очередной главы, не подходят для их решения группами студентов [9]. После многих лет применения методики коллективного решения задач они пришли к выводу, что хорошие групповые задачи должны быть достаточно сложными, чтобы появилась желание объединиться в группы для их решения. В качестве задач для групп предла-



*...хорошие групповые задачи должны быть достаточно сложными...*

гается использовать то, что они называют «не строго сформулированные задачи». Такого сорта задачи нельзя решить, просто подставив данные значения переменных в формулу, в их формулировках намеренно используются неопределенные переменные, дается больше информации, чем требуется для решения. Все перечисленное характерно для задач, основанных на физлетах. Особенно хорошо реализуются два последних приема. Дело в том, что если опустить описание одной из переменных или дать информации

в тексте больше, чем необходимо для решения, то текст становится запутанным и трудно читаемым. При использовании же физлетов, эти приемы не вносят ненужной путаницы.

#### УПОРЯДОЧИВАНИЕ ОТВЕТОВ

Задание на упорядочивание – это задача, в которой описаны несколько ситуаций и указана переменная, в зависимости от значения которой реализуется та или иная ситуация [10]. Студент должен указать, какому значению соответствует конкретная ситуация. Сторонники этого типа задач называют три причины, по которым они используют именно их. Такие задачи заставляют студента чаще давать ответы, исходя из имеющихся у него знаний, а не повторять слепо заученные положения. В них можно так сформулировать вопросы, что они окажутся неожиданными для большинства студентов. Решение таких задач развивает у студентов концептуальный подход. Мы согласны с такой оценкой и разработали много физлет-задач этого типа.

На рисунке 5 показана одна из шести анимаций, которые студентам нужно упорядочить в зависимости от величины ускорения груза и натяжения нити. Представленная анимация показывает, что происходит с грузом, если он отрывается от нити. Студенты должны внимательно проследить за происходящим на экране, чтобы опреде-

лить ускорение груза и использовать эту информацию для вычисления натяжения нити. Практика использования этого упражнения показала, что вопрос об ускорении не вызывает затруднений у студентов, но в то же время они испытывают значительные трудности при ответе на вопрос о натяжении нити. В результате мы большую часть учебного времени тратим на обсуждение второго вопроса.

### ДИСКУССИИ НА ЛЕКЦИЯХ

Лекционная демонстрация и ее обсуждение – это тип компьютерной презентации, выполненной на лекции с целью вовлечения студентов в активное обучение [11]. Типичная компьютерная демонстрация начинается с ее предварительного описания. Студенты должны предсказать ее результаты и обсудить их и с соседями, и со всеми студентами в аудитории. Затем преподаватель показывает явление с помощью компьютера и подводит итоги обсуждения. Торнтон и его коллеги показали, что такого рода дискуссии помогают развивать концептуальное понимание физики.

Так как физлет-упражнения представляют собой виртуальные лаборатории, они прекрасно подходят для лекционных демонстраций. Мы отнюдь не сторонники замены в обучении реальных лабораторных работ физлет-упражнениями, однако хотим заметить, что последние дешевле, проще в эксплуатации, не ломаются и работают без осечек. По этим причинам мы верим, что физлет-задачи могут быть использованы для различных форм активного обучения, применяемых в учебных курсах.

### ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Метод «своевременной и целенаправленной помощи» в комбинации с физлетами используется в колледже г. Дэвидсона, для того чтобы стимулировать активность студентов и на занятиях, и при подготовке к ним. Наша оценка усвоения материала студентами показывает, что студенты, использующие активные методы обучения, лучше готовятся к занятиям в классах, делают это

осознано и лучше справляются со стандартными тестами при проверке знаний.

Последние три года мы использовали специальный тест – FCI [12] для проверки знаний первокурсников в 9 вводных курсах. Тест FCI предлагается в течение первой недели семестра (предварительное тестирование – Pre), а затем в конце семестра (заключительное тестирование – Post). На основании полученных данных вычисляется коэффициент роста знаний или эффективности курса:  $g = (\% \text{ Post} - \% \text{ Pre}) / (100 - \% \text{ Pre})$  [2]. Результаты проверки знаний по этому тесту по всей стране с участием более чем 6.000 студентов показывают, что традиционная методика обучения дает коэффициент роста  $g = 0.25$ . Коэффициент для курсов с активными методами обучения существенно выше:  $0.38 < g < 0.68$ .

Мы оценили эффективность совместного применения физлетов и метода JiTT в нашем колледже и построили график, показывающий зависимость величины коэффициента роста знаний от количества физлет-упражнений, используемых в курсе. На рисунке 6 показаны полученные результаты. Во всех вводных курсах, читаемых в первом семестре, студенты должны выполнить 10 интерактивных предварительных упражнений, построенных как того требует методика JiTT. Таким образом, количество интерактивных упражнений в курсах с элементами активного обучения и количество интерактивных упражнений для традиционного курса – одно и то же – 10. Все курсы, за исключением тра-

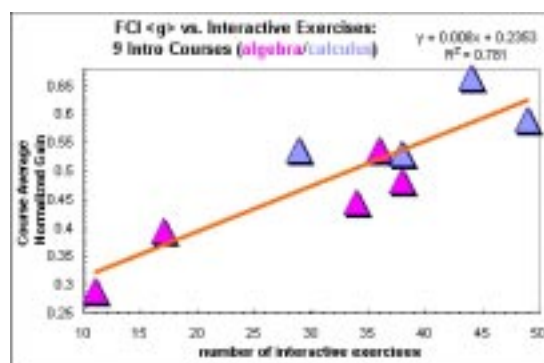


Рисунок 6. Результаты тестирования 292 студентов колледжа г. Дэвидсона.

диционного (самая низкая величина  $g = 0.29$ ), использовали либо метод «своевременной и целенаправленной помощи» (7 курсов с результатом  $g = 0.53 \pm 0.09$ ), либо метод «диалога с партнером» (один курс с  $g = 0.48$ ). Оба метода дают близкие и относительно высокие величины коэффициента роста знаний ( $g$ ).

## РАСПРОСТРАНЕНИЕ

В дополнение к созданию и оценке учебных курсов, ориентированных на физлеты, мы также активно занимаемся их распространением. Мы пропагандируем и бесплатно распространяем физлеты различными способами, некоторые из которых перечислены ниже.

### **Физлеты: преподавание с использованием интерактивных учебных материалов.**

Книга «Физлеты: преподавание физики с использованием интерактивных учебных материалов» [13] была написана для преподавателей, заинтересованных в создании своих собственных учебных материалов.

Приведенные в ней примеры, размещенные на диске, носили иллюстративный характер, что не давало возможности использовать их как готовый учебный материал.

### **Физика с физлетами.**

«Физика с физлетами» уже содержит материал, который можно использовать без каких-либо изменений [14]. Цель этой книги – дать преподавателям набор готовых

интерактивных учебных материалов, охватывающих весь вводный курс физики. Все, что необходимо для работы, – это диск из книги «Физика с физлетами» и Web-браузер, поддерживающий Java и JavaScript.

### **Сайты, где можно найти физлеты.**

На Web-сайте «Davidson Physlet» (<http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html>) расположено все, что касается технологии создания физлетов, включая документацию и последнюю версию библиотеки. Также есть возможность подписаться на автоматическую рассылку новостей – Physlet-L.

### **Техническая информация переведена с английского на:**

испанский: <http://fem.um.es/Fislets/>

немецкий: <http://pen.physik.uni-kl.de/physlets/>

словенский: <http://colos1.fri.uni-lj.si/~colos/COLOS/TUTORIALS/JAVA/PHYSLETS/START.htm>

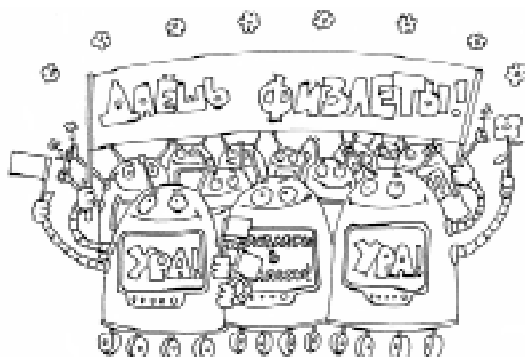
### **Сайт, посвященный JiTT-технологии.**

Сайт, посвященный JiTT-технологии (<http://webphysics.iupui.edu/jitt/jitt.html>), предоставляет информацию, включающую детальное описание этого метода, список курсов, имена преподавателей, использующих этот метод, данные о результатах использования метода и часто задаваемые вопросы. Большая часть информации обновлена и не содержится в книге «Своевременная и целенаправленная помощь» [6].

### **Электронные библиотеки.**

MERLOT (Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching) – это бесплатная коллекция, разработанная для факультетов и студентов различных специальностей. MERLOT помогает улучшить процесс преподавания, предоставляя наборы диалоговых материалов для обучения.

Проект iLumina (<http://turing.csc.uncwil.edu/ilumina/homePage.xml>). Серверы Консорциума электронных библиотек Северной Каролины предоставляют доступ к электронным библиотекам и обладают богатыми возможностями поиска. Мы предоставили организаторам проекта право



*Мы пропагандируем  
и бесплатно распространяем физлеты...*

использовать интерактивные задачи, представленные в книге «Физлеты», и этот материал может быть найден на сайте iLumina в разделе «collections».

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Задачи, построенные на базе физлетов, дают нам новый захватывающий и эффективный способ подачи знаний студентам. Эффективность этих учебных материалов подтверждена предварительными ре-

зультатами тестирования, проведенного при чтении вводных курсов по физике и квантовой механике. Сейчас мы создаем новые задачи на базе физлетов и JiTT-технологии и используем их для чтения новых курсов, таких как теория электромагнетизма и квантовая механика. Мы надеемся, что разработка этих учебных материалов поможет лучшему усвоению сложных тем.



### References.

1. A. Szabo and N. Hastings. Using IT in the undergraduate classroom: should we replace the blackboard with PowerPoint?, *Computers and Education* **35**, 175–187, 2000.
2. R.R. Hake. Interactive-engagement vs. Traditional Methods: A Six-thousand-student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics, *American Journal of Physics*, **66**, 64–74, 1998.
3. D.R. Sokoloff. Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment, *The Physics Teacher*, **35**, 340, 1997.
4. B. Thacker. Comparing Problem Solving Performance of Physics Students in Inquiry-based and Traditional Introductory Courses, *American Journal of Physics*, **62**, 627–633, 1994.
5. G.M. Novak, E.T. Patterson, A.D. Gavrin, and W. Christian. Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999.
6. E. Mazur. Peer Instruction: A Users Manual, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997.
7. L. McDermott and P.S. Shaffer. Tutorial in Introductory Physics, Prentice Hall, Upper Saddle River, 1998.
8. R. Beichner. The Impact of Video Motion Analysis on Kinematics Graph Interpretation Skills, *American Journal of Physics*, **64**, 1272–1277, 1997.
9. P. Heller, M. Hollabaugh M. Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping. Part 1: Designing Problems and Structuring Groups, *American Journal of Physics*, **60**(7), p. 637–644, 1992.
10. T.L. O’Kuma, D.P. Maloney, and C.J. Hieggelke. Ranking Task Exercises in Physics, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2000.
11. R.K. Thornton and D.R. Sokoloff. Using Interactive Lecture Demonstrations to Create an Active Learning Environment, *The Physics Teacher*, **35**(6), p. 340–347, 1997.
12. D. Hestenes, M. Wells, and G. Swackhamer. Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, **30**, 141–158, 1992.
13. W. Christian and M. Belloni. Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2001.  
See also: <http://webphysics.davidson.edu/applets/applets.html>.
14. W. Christian and M. Belloni. Physlet Physics. Prentice Hall, 2004.
15. F. Esquembre, E. Martin, W. Christian, M. Belloni. Fislets: Enseñanza de la Física con material interactivo. Pearson Education, S.A., 2004.

**Вольфганг Кристиан,**  
профессор физики  
колледжа г. Дэвидсон, США,

**Марио Беллони,**  
ассистент колледжа г. Дэвидсон, США,

**Мелисса Дэнси,**  
ассистент университета штата  
Западная Каролина, США,

**Анна Кох,**  
доцент колледжа г. Эккерд, США.



Наши авторы, 2003.  
Our authors, 2003.