

Управление учебной деятельностью и ее мониторинг на основе тренинговой технологии обучения

Баяндин Дмитрий Владиславович
к. ф.-м. н., доцент кафедры общей физики,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Комсомольский пр., 29, г. Пермь, 614000, (342)2377912,
baya260861@yandex.ru

Медведева Нина Николаевна
заслуженный учитель РФ, преподаватель физики,
НОУ «Современное образование»,
Бульвар Гагарина, 75а, г. Пермь, 614077, (342)2366185,
ninamn@yandex.ru

Мухин Олег Игоревич
к. т. н., доцент кафедры информационных технологий и автоматизированных систем,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Комсомольский пр., 29, г. Пермь, 614000, (342)2391857,
moi@stratum.ac.ru

Аннотация

Описывается способ организации компьютерной среды обучения, при котором основным ее элементом являются интерактивные задачи и тренажеры, локальные экспертные системы которых обеспечивают построение динамических моделей базовых знаний, умений и навыков каждого конкретного учащегося. Внедрение в такую среду глобальной экспертной системы позволит на основе актуальных моделей знаний, умений и навыков автоматически генерировать индивидуализированные траектории обучения и вести мониторинг учебной деятельности. Описанный подход развивается в линейке обучающих сред «Интер@ктивная физика», разработанных Институтом инновационных технологий (г. Пермь) на базе системы визуального проектирования и математического моделирования Stratum-2000.

In that work is describing the method of organization of computer environment of educating, in which its basic elements are interactive tasks and trainers. The local expert systems of that basic element provide the construction of dynamic models of base knowledge, abilities and skills of each concrete student. The introduction of global expert system in such environment will allow automatically to generate the individualized trajectories of educating and conduct monitoring of educational activity on the basis of actual models of knowledge, abilities and skills. The described approach develops in the line of teaching environments «Inter@ctive physics», worked out by Institute of innovative technologies (Perm) on the base of the system of the visual projection and mathematical simulation Stratum-2000.

Ключевые слова

компьютерная среда обучения, экспертная система, модель знаний, управление, мониторинг
computer environment of educating, expert system, model of knowledge, management, monitoring

Введение

Среди различных типов виртуальных учебных объектов, входящих в состав современных электронных изданий (например, [1-2, 4, 6]), особое место занимают интерактивные модели и интерактивные задания (задачи, репетиторы и тренажеры). Они имеют самый высокий обучающий потенциал и обеспечивают поддержку целого спектра видов учебной деятельности [3, 5, 7]. Эти же объекты наиболее перспективны с точки зрения *технологизации* обучения в ИКТ-насыщенной среде. Ниже речь идет в основном о применении в этих целях интерактивных заданий; возможность использования в том же аспекте моделей будет описана в конце соответствующего раздела статьи.

Современные интерактивные задания (задачи, репетиторы и тренажеры) являются самым сложным по своему внутреннему устройству видом виртуальных учебных объектов [3]. Они, во-первых, содержат математическую модель некоторой сущности в пределах предметной области, во-вторых, обеспечивают возможность достижения пользователем поставленной цели путем перемещения объектов, манипуляций с инструментами, графических построений и других действий, а не просто путем выбора ответа или ввода числа (слова); в-третьих, благодаря наличию в своей структуре экспертной системы способны распознавать по действиям пользователя логику процесса решения и оценивать его правильность.

Внутренняя структура и принципы построения интерактивных задач, репетиторов и тренажеров

Интерактивная задача – программная система, предполагающая совершение при выполнении задания выверенной последовательности активных действий, которые обеспечиваются развитым манипуляционно-графическим интерфейсом.

Ядро в виде математической модели физического явления обеспечивает:

- генерацию условия задачи и, как следствие, ее многовариантность за счет случайного или направленного выбора:
 - пространственно-временной конфигурации системы;
 - состава и свойств ее подобъектов;
 - состава исходных и искомых параметров;
 - значений характеристик, их модулей и направлений векторов, других свойств;
- определение искомых параметров системы в соответствии с условием задачи (в том числе решение обратной задачи);
- представление ответа в неявном, модельном виде (расчет выполняется системой после окончания работы учащегося, например по нажатию им кнопки «Готово»), так что исключено «подсматривание» ответа;
- вариативность формы представления исходной и получаемой информации (вербальная, численная, в виде аналитической или графической зависимости, стробоскопического изображения, чертежа, формулы, системы уравнений, динамической системы – видео, анимации, модельной демонстрации, модельного исследования);
- возможность преобразования информации из одной формы в другую.

Математическая модель, образующая экспертную систему задачи, позволяет:

- строить методически полную систему реакций и подсказок;
- производить просчет типичных ошибочных действий учащегося, распознавать его логику при неправильных рассуждениях, в соответствии с этим диагностировать и классифицировать ошибки, направлять ход решения;
- формировать динамическую модель знаний, умений и навыков (ЗУН) ученика.

Результатом работы экспертных систем отдельных интерактивных задач является информация, которая может служить входной для *глобальной* экспертной системы, предназначенной для управления процессом обучения в среде.

Разновидность интерактивных заданий – *интерактивный репетитор*, который здесь понимается как многовариантная или многошаговая задача, нацеленная на отработку определенных знаний, умений и навыков. Третья разновидность интерактивных заданий – *интерактивный тренажер* – составной ресурс, содержащий комплекс задач и (или) репетиторов по некоторой теме и позволяющий изучить ее разносторонне.

Интерактивный тренажер – программная система, предназначенная для освоения технологических приемов и отработки навыков, необходимых при решении задач или работе с приборами и оборудованием (включая оценку погрешности измерений, отображение функциональных зависимостей в форме таблиц, графиков, формул и т.д.).

Обычно тренажер представляет собой последовательность тематически связанных, обладающих содержательной преемственностью, шаг за шагом усложняющихся задач. Выполняя их, учащийся вынужденно последовательно и самостоятельно разбирает ключевые ситуации для некоторого класса задач. Системность рассмотрения вкупе с целенаправленностью и осмысленностью манипуляций графическими и текстовыми объектами обеспечивают усвоение и фиксацию действий, связанных с ними знаний, умений и навыков, в результате чего в сознании учащегося складывается устойчивая и ассоциативно связанная совокупность представлений и операциональных компетентностей по изучаемой теме.

Экспертная система осуществляет пооперационный контроль правильности действий ученика, генерируя контекстные реакции на ошибки, что обеспечивает индивидуализацию траектории обучения. Если система подсказок полна и методически продуманна, она гарантированно дает реальный обучающий эффект: кто быстрее, кто медленнее, учащиеся приходят к финишу тренажера с различным, но ненулевым уровнем освоения учебного материала, со сформированными в определенной мере ЗУН. При этом для учителя существенно снижаются объемы рутинной работы – многократных детальных объяснений с контролем освоения каждого элемента.

Среди принципов построения компьютерных тренажерных комплексов выделим четыре группы, связанные с требованиями, предъявляемыми:

- 1) к предметному содержанию:
 - единство подходов и дидактических приемов в системе тренажеров в целом;
 - полнота рассмотрения в пределах тренажера класса ситуаций, анализ всех имеющих к нему отношение объектов, понятий, законов;
 - логическая последовательность и «преемственность в разнообразии» для рассматриваемых в рамках серии задач ситуаций;
 - полнота и системность представления всех этапов решения задач данного класса в рамках блока тренажеров по некоторой теме;
- 2) формируемым компетенциям:
 - развитие навыков анализа ситуации;
 - развитие системного и логического мышления;
 - формирование навыков описания ситуации на языке графических и текстовых объектов;
- 3) организационной структуре:
 - конкретность и поэлементность отработки умений и навыков в пределах каждой серии задач;
 - наличие развитой системы предметной поддержки, сети реакций на действия пользователя;
 - наличие нескольких уровней вложенности для блока тренажеров:
 - по классам задач в рамках темы;

- уровню сложности ситуаций внутри класса задач;
- разнообразию ситуаций внутри класса задач;
- элементам и этапам решения внутри класса задач;
- постепенность роста сложности в рамках серии задач;
- множественность маршрутов обучения для обеспечения его вариативности;
- динамическое формирование траектории обучения для его индивидуализации;

4) интерфейсу:

- преемственность между задачами: сходство дизайна, функционирования сервисных элементов, единство технологических приемов работы пользователя;
- достижение активного характера учебной деятельности за счет инструментальной обеспеченности, развитого манипуляционно-графического аппарата;
- высокая интерактивность за счет контекстно-формируемых реакций и иерархически организованной системы помощи;
- наглядность и конкретность текстово-графического отображения как самой анализируемой ситуации, так и действий пользователя;
- наличие развитой системы технической поддержки.

В целом, экспертная система тренажера «более дотошна», чем у интерактивной задачи, имеет более детализованную систему реакций, понуждающую ученика «проговорить» в интерактивном диалоге аргументированную цепочку умозаключений.

Для реализации *технологизированной* системы обучения, способной обеспечить относительно автономную работу учащихся, экспертные системы задач, репетиторов, тренажеров должны фиксировать информацию об успешности прохождения не просто каждого задания, но каждого шага, каждой операции, заполняя индивидуальную для данного ученика «матрицу освоения». Записанная в нее информация будет обработана интеллектуальным ядром обучающей среды – *глобальной* экспертной системой, которая должна содержать:

- систему ведения с обучаемым диалога, по ходу которого строится модель его знаний по данной дисциплине (заполняется «матрица освоения»);
- базовую, достаточно универсальную модель (алгоритм) обучения;
- автоматизированную систему навигации, обеспечивающую генерацию – на основе полученной модели знаний и базовой модели обучения – индивидуализированной образовательной траектории.

Желательно также, чтобы глобальная экспертная система имела развитый интерфейс, предпочтительно самоценный, т.е. информативный и облеченный в наглядную графическую форму. Весьма удобным представляется его совмещение с интерфейсом системы навигации; такой вариант обсуждается в конце статьи.

Таким образом, глобальная экспертная система должна:

- а) по ответам учащегося (правильным и неправильным) определять, какие знания, умения и навыки не сформированы в должной мере, т.е. должна уметь *измерять знания*;
- б) кратко, но корректно и наглядно объяснять при необходимости материал;
- в) быть способной направленно задавать новый вопрос, генерировать очередное задание, то есть направлять работу учащегося в среде.

В частности, если выясняется, что предлагаемых подсказок недостаточно для выполнения учащимся очередного шага в решении задачи, экспертная система должна ему предложить более простое задание. Таким образом, система заданий должна быть «глубоко эшелонированной», многоуровневой, позволяющей глобальной экспертной системе маневрировать между уровнями в зависимости от успешности действий обучающегося. Рассмотрим возможную организацию системы заданий на примерах.

Уровневая организация базы интерактивных заданий

1. Тема «Законы Ньютона» представлена в учебной среде «Интер@ктивная физика» двенадцатью интерактивными тренажерами, содержащими от 5 до 11 задач каждый.

Среди задач этой темы можно выделить четыре уровня базовых ЗУНов.

Первый уровень отрабатывается в рамках трех тренажеров.

Тренажер «Равнодействующая и условие равновесия» содержит 10 репетиторов: сложение коллинеарных, перпендикулярных и произвольно направленных друг относительно друга векторов сил, запись их проекций на координатные оси, нахождение угла с осями по значениям проекций; далее, определение модуля и направления вектора силы, которая обеспечивает равновесие системы, когда известны две силы – коллинеарные друг другу, перпендикулярные или произвольно направленные, запись в проекциях условия равновесия.

Тренажер «Точка приложения и направление векторов сил» содержит 12 задач на определение точки приложения и направления векторов сил тяжести, реакции опоры (подвеса), трения, веса для разных ситуаций.

Тренажер «Первый и второй законы Ньютона» содержит 5 репетиторов, нацеленных на уяснение связи направления и модуля равнодействующей (или ее равенства нулю) и характера движения тела.

Второй уровень отрабатывается посредством четырех тренажеров (по 8–9 задач), посвященных построению векторной картины сил при движении

- по вертикали (строятся векторы сил тяжести, реакции опоры, равнодействующей, ускорения, сравниваются модули веса и силы тяжести),
- по горизонтали (добавляются сила трения и внешняя сила), по наклонной плоскости и по окружности под действием различных сил.

При этом оценивается правильность не только направлений векторов, но и соотношения модулей различных сил (см. пример ниже); в части тренажеров отслеживается также точка приложения.

Третий уровень отрабатывается посредством четырех тренажеров, посвященных записи с помощью конструктора формул проекций 2-го закона Ньютона на оси по данной векторной картине сил при тех же четырех видах движения. При этом, естественно, обращается внимание на правильный выбор знаков (+/–) слагаемых и тригонометрических функций.

Эти вопросы при необходимости могут быть отработаны на *нулевом уровне*, абстрактно-математическом, содержащем два тренажера «Построение и проецирование векторов» (8 задач) и «Векторная алгебра» (15 задач на различные случаи сложения, вычитания векторов, умножения вектора на число, вычисления линейных комбинаций трех векторов).

В большинстве задач этого уровня имеется встроенная демонстрация-«объяснялка», которая в пошаговом режиме показывает и комментирует необходимые для выполнения задания действия. К этому же уровню при необходимости происходит переход с уровня 1.

Рассмотрим пример реализации задачи на тему «Движение тела по вертикали».

Требуется выбрать и установить путем переноса на рисунке векторы сил тяжести, нормальной реакции опоры и равнодействующей сил для тела, лежащего на полу лифта, который движется вверх с нарастающей скоростью. При этом для последних двух сил предоставлено по три вектора различной длины, длина каждого из которых фиксирована, и направление которых можно изменять с помощью мыши. Кроме того, требуется указать соотношение между модулями веса и силы тяжести и изобразить, как направлен вектор ускорения, который вытягивается мышью из точки. Исходный вид экрана приведен на рисунке 1.

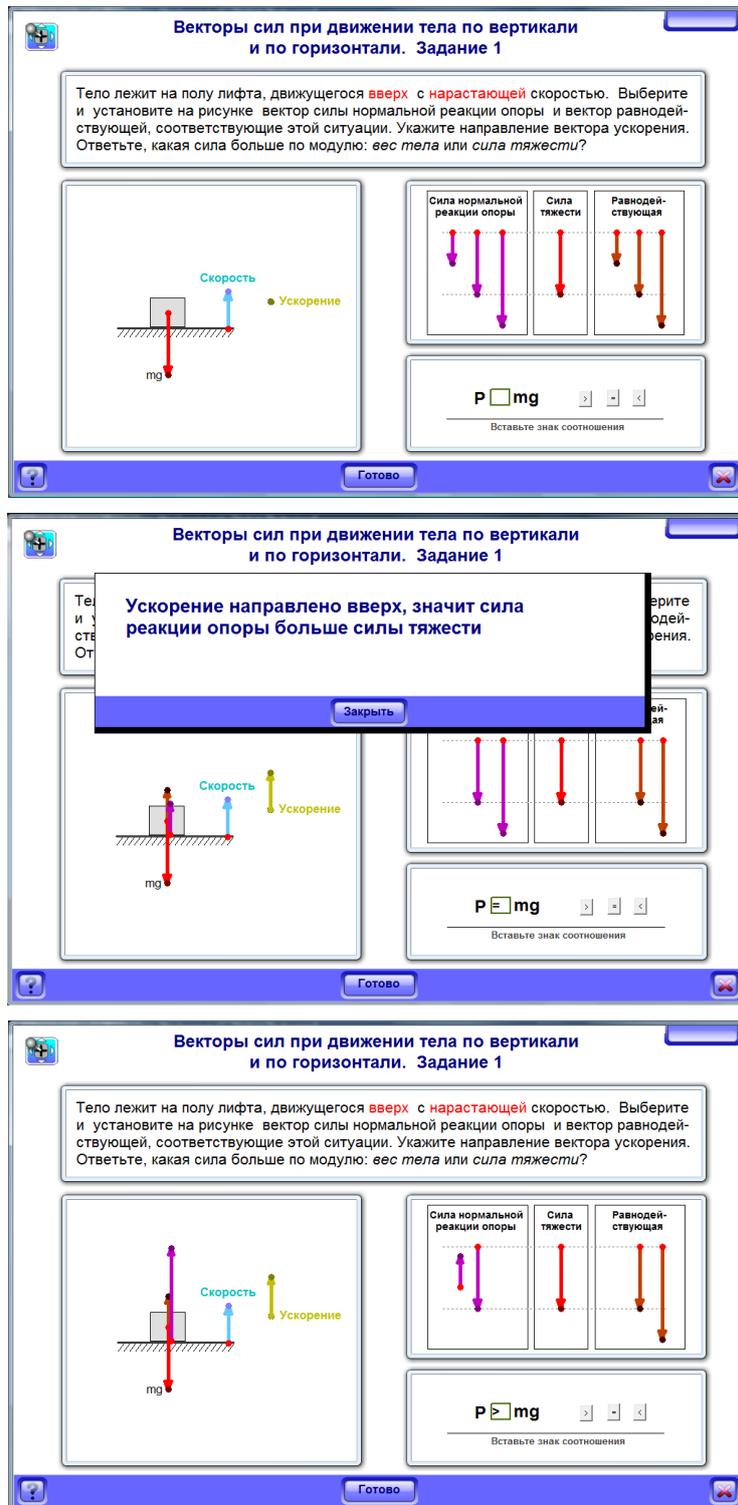


Рис. 1. Задача по теме «Законы Ньютона» из состава среды «Интер@ктивная физика»: начальный вид экрана (вверху), реакция экспертной системы (в центре), конечный вид экрана (внизу)

Число графических и логических операций, подлежащих проверке, достаточно велико. Однако поэлементный анализ решения задачи позволяет построить логическую цепочку интеллектуальных процедур, приводящих к решению, и «отфильтровать» типовые ошибки, допускаемые учащимися.

Этапы решения и ключевые пункты проверки действий учащегося закладываются в экспертную систему тренажера.

Проверяется, что:

- 1) ... на рисунке установлены векторы всех сил; если не так – дается реакция: «Изображены не все векторы сил. Установите по одному вектору каждой ненулевой силы с нужным направлением в соответствующих заданию точках рисунка»;
- 2) ... построен вектор ускорения; иначе – реакция: «Изобразите вектор ускорения»;
- 3) ... установлен знак соотношения между весом и силой тяжести; иначе – соответствующая реакция;
- 4) ... вектор ускорения направлен вертикально вверх; иначе – реакция: «Тело движется ускоренно вверх. Куда направлен вектор ускорения?»;
- 5) ... вектор силы реакции опоры приложен к телу в середине области контакта с опорой;
- 6) ... вектор силы реакции опоры направлен вверх; иначе – реакция: «Вектор силы нормальной реакции опоры направлен перпендикулярно опоре от нее»;
- 7) ... модуль силы реакции опоры больше, чем силы тяжести (выбор из вариантов $0,5mg$, mg , $1,5mg$, следует выбрать $1,5mg$);
- 8) ... вектор равнодействующей приложен к центру масс тела;
- 9) ... вектор равнодействующей сонаправлен с вектором ускорения, т.е. направлен вверх; иначе – дается апелляция ко второму закону Ньютона;
- 10) ... модуль равнодействующей равен разности модулей сил реакции опоры и тяжести (выбор равнодействующей из вариантов $0,5mg$, mg , $1,5mg$, должно быть выбрано $0,5mg$);
- 11) ... в соотношении веса и силы тяжести установлен знак «больше», иначе – обращается внимание на соотношение длин векторов, изображающих силы тяжести и реакции опоры.

Невыполнение или неверное выполнение одного из пунктов плана решения приводит к появлению соответствующего комментария.

Например, при неверном соотношении модулей сил в пункте 7 дается комментарий: «Ускорение направлено вверх, значит модуль силы реакции опоры больше, чем модуль силы тяжести» (рис. 1, в центре).

Отметим, что такая формулировка представляет собой не прямое указание для исправления ошибки («увеличь силу реакции» или «уменьши силу тяжести»), а фрагмент логического рассуждения о соотношении модулей сил и их направлений. Только после исправления всех неточностей (рис. 1, справа внизу) задание считается выполненным, после чего предлагается перейти к следующей задаче, интерфейс которой содержит тот же инструментальный и требует проведения аналогичных рассуждений при измененных направлении или характере движения лифта.

Таким образом, основой экспертной системы каждого тренажера является дерево разбора ошибок, построенное в соответствии с «эталонной» логикой анализа и решения задачи и предусматривающее обнаружение всех возможных видов ошибок и адекватные реакции на них. Благодаря этому дереву реализуется обучающая функция тренажера: он навязывает пользователю соответствующую условию задачи логику анализа ситуации, помогает найти первое звено логической цепочки и выстроить порядок рассуждений и умозаключений вплоть до получения полного решения.

Например, для задачи, изображенной на рисунке 1, логическая цепочка такова:

- лифт движется вверх ускоренно =>
- =>вектор ускорения направлен вверх =>
- =>вектор равнодействующей направлен вверх =>

=> сила реакции опоры по модулю больше силы тяжести =>
=> вес тела больше силы тяжести.

В задачах, где следует определить характер движения (зависящий от взаимного направления векторов ускорения и скорости), направленность рассуждений обратная, а исходным пунктом является анализ баланса сил.

Для каждой силы следует определить

- точку ее приложения (если этот момент существенен),
- направление вектора и его модуль (в сравнении с другими силами).

Реакции на ошибки, в идеале, образуют иерархию по интенсивности оказываемой помощи.

На первом уровне экспертная система не указывает прямо, как исправить ошибку, а только обращает внимание ученика на возникшие противоречия, стимулируя его к более тщательному анализу ситуации, выработке важного навыка самоконтроля. Самостоятельно поняв причину ошибки, ученик с большей вероятностью справится впоследствии как с подобной, так и с новой задачей.

Помощь следующих уровней представляет собой все более явные подсказки, призванные обеспечить успех решения задачи пользователем практически любого уровня подготовки.

При разборе ошибок экспертная система заполняет «матрицу освоения», выстраивая модель ЗУН учащегося. Не вполне удачное решение приводит:

- а) к выставлению сниженной оценки в электронный журнал;
- б) отметке этого результата на картине структурной модели курса (см. последний раздел);
- в) предложению решить дополнительную задачу соответствующего уровня сложности, чтобы улучшить состояние «матрицы освоения».

Эффект тренинга обеспечивается также генерацией условия (репетитор). После решения первого варианта предлагается следующий и т.д.

Тренинг считается успешно пройденным, если подряд и без подсказок решено три (иногда два или четыре) варианта.

Если этот исход не реализуется, тренинг продолжается до прохождения 8–10 вариантов, после чего сообщается доля вариантов, решенных безошибочно, решенных с подсказками, а также общее число использованных подсказок.

В случаях, когда генерация случайного и разумного варианта условия невозможна или нецелесообразна (например, следует отдельно отработать характерные случаи), вместо генерации может использоваться заранее заданная последовательность вариантов задания.

В большинстве случаев тренажер содержит также итоговый тест, в котором все репетиторы из его состава предлагаются для решения последовательно, в единственном и случайно выбранном варианте.

Отметим, что помимо тренажеров обучающая среда должна также содержать более разнообразные отдельные задачи, успешное решение которых служило бы критерием освоения учащимся того или иного уровня учебных действий, а также сохранения достигнутого уровня со временем. Интерфейсные манипуляции, необходимые для решения, нужно проектировать в менее подробном, «свернутом» виде, что соответствует уровню учащегося, когда его учебные действия стали обобщенными, сокращенными, освоенными.

2. Приведенный выше пример допускает различную логику рассуждений и последовательность действий. Однако существуют задачи, в которых желательна более жесткая регламентация хода решения. В этих случаях тренинг целесообразно обеспечивать не многовариантными, а многошаговыми задачами. В качестве примера рассмотрим блок тренажеров по теме «Преломление света», в котором выделено семь уровней сложности, на каждом из них представлено по 4–5 многошаговых задач.

Первый уровень – действия, которые необходимо выполнить, чтобы построить картину преломления луча на плоской границе раздела сред.

В разных задачах рассматриваются случаи перехода луча из оптически менее плотной среды в более плотную и наоборот, а также случаи различной ориентации границы (горизонтальной, вертикальной, расположенной под произвольным углом к горизонтали). Все задачи разбиты на четыре шага (рис. 2):

1) построение отрезка нормали к границе в точке падения луча (используется инструмент «отрезок», который за концевые точки можно поворачивать и растягивать, остальные точки обеспечивают перенос) (рис. 2.1);

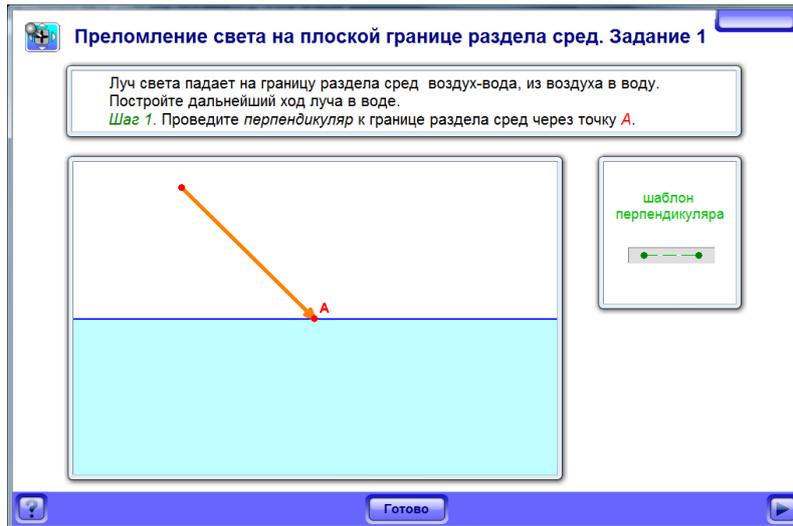


Рис. 2.1. Преломление луча на плоской границе раздела сред: первый шаг – построение отрезка нормали к границе

2) построение угла падения – используется инструмент «угол между направлениями», которые можно менять с помощью двух активных точек, остальные точки обеспечивают перенос (рис. 2.2).

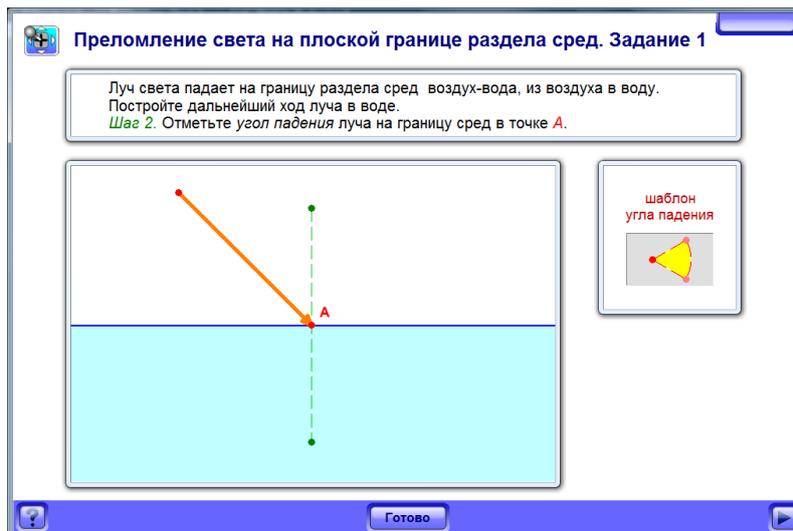


Рис. 2.2. Преломление луча на плоской границе раздела сред: второй шаг – построение угла падения луча

3) построение преломленного луча – здесь луч отображается с помощью инструмента «вектор», обладающего теми же свойствами, что и «отрезок». После установки начала вектора в точку падения луч «притягивается» к трем направлениям, соответствующим ходу без преломления либо с преломлением, сопровождающимся увеличением или уменьшением угла с нормалью. Построение этого луча требует понимания закона преломления света (рис. 2.3).

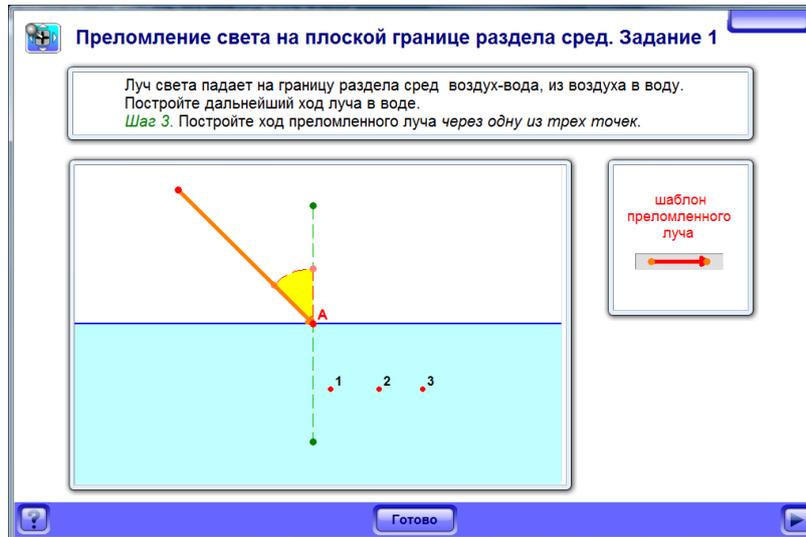


Рис. 2.3. Преломление луча на плоской границе раздела сред: третий шаг – построение хода преломленного луча

4) построение угла преломления, выполняемое аналогично пункту 2 (рис. 2.4).

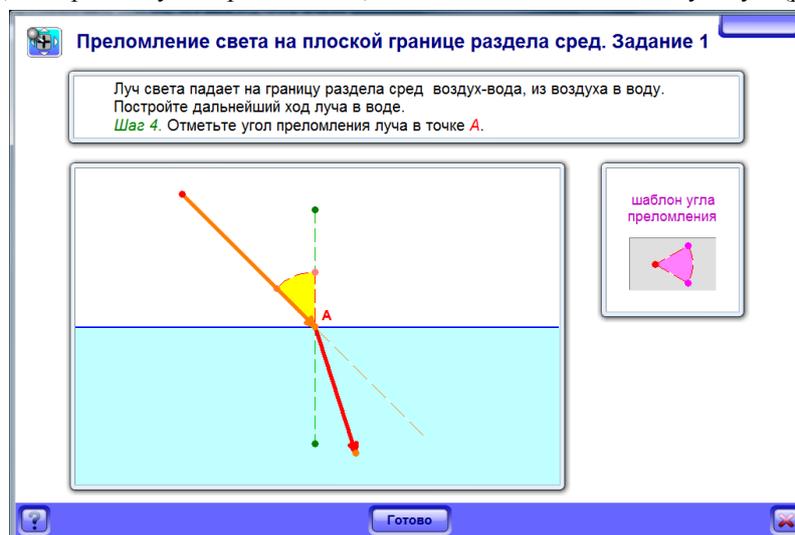


Рис. 2.4. Преломление луча на плоской границе раздела сред: четвертый шаг – построение угла преломления

Второй уровень – преломление пары лучей в плоскопараллельной пластине, причем с учетом явления дисперсии. Построения здесь выполняются в «свернутом» виде, как в связи с желательностью уменьшения числа шагов (с возможных восьми

до приемлемых четырех), так и в связи с предполагаемым освоением первого уровня. При построениях также выясняется, как при прохождении пластины изменяется (когда увеличивается, когда уменьшается) расстояние между параллельными лучами с различной длиной волны.

Третий уровень – преломление луча на выпуклой или вогнутой сферической границе для случаев перехода из оптически менее плотной среды в более плотную и наоборот. Построение, как и на первом уровне, разбито на четыре шага. Повышенный уровень этих задач связан с неочевидностью ориентации отрезка нормали в точке падения и существенным для построения использованием центров кривизны поверхностей.

Четвертый уровень – прохождение луча через *пару* сферических поверхностей, т.е. через линзу (рис. 3). Построение, как и на втором уровне, проводится в «свернутом» виде, в четыре шага. Более высокий уровень заданий определяется необходимостью обнаружения и уяснения учащимся закономерностей качественно нового по сравнению с пластиной эффекта – свойства линз собирать или рассеивать лучи.

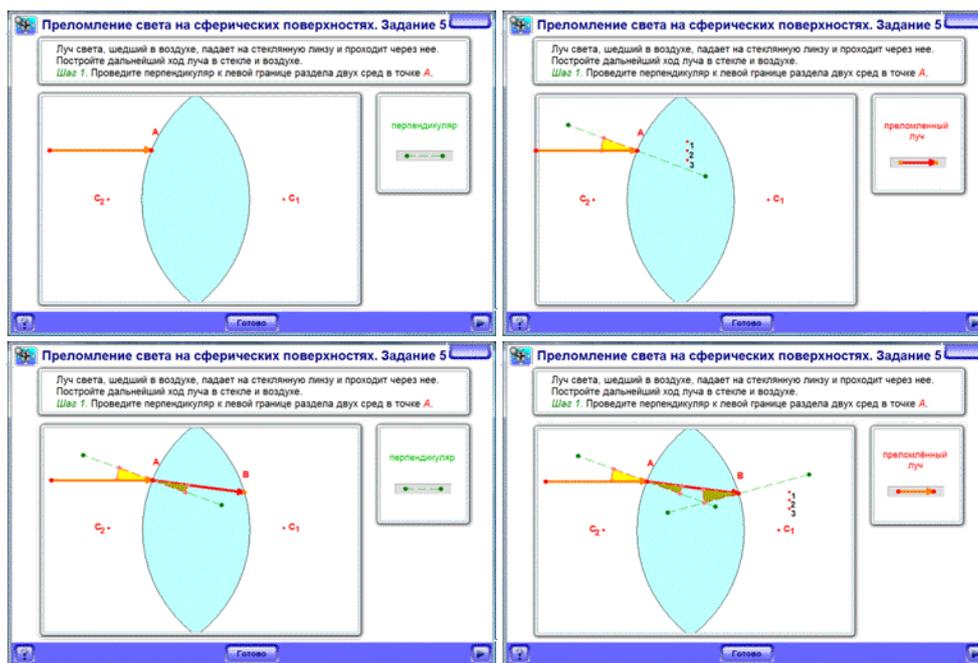


Рис. 3. Построение хода луча в собирающей линзе – четыре шага решения задачи

Пятый уровень – уяснение новых понятий (главная оптическая ось, оптический центр, главный фокус, побочная оптическая ось, побочный фокус, фокальная плоскость) с одновременным абстрагированием от формы ограничивающих поверхностей и формальным использованием символических изображений собирающей и рассеивающей линз.

Шестой уровень – выяснение свойств изображений в собирающих и рассеивающих линзах для случаев, когда источник находится между фокусом и двойным фокусом; дальше, чем на двойном фокусном расстоянии; ближе, чем на фокусном расстоянии от линзы. По результатам построений заполняется обобщающая таблица, анализируются закономерности в полученных комбинациях свойств изображений, закрепляется знание этих закономерностей.

Наконец, *седьмой уровень* – решение задач, в которых требуется построить ход луча, который распространяется под произвольным углом к главной оптической

оси; построить ход луча, парного данному, при неизвестном положении фокуса; определить положение источника по ходу преломленных лучей; определить положение оптического центра линзы и ее тип, положение фокусов.

Как и в предыдущем примере, экспертная система тренажера записывает результаты тренинга с раскладом допущенных ошибок в «матрицу освоения», которая интерпретируется глобальной экспертной системой обучающей среды, во-первых, для построения модели ЗУН учащегося (с визуализацией достигнутого уровня на интерфейсе), во-вторых, для возможной генерации новых задач в текущем или следующем сеансе обучения.

Напомним, что обучающая среда содержит также объекты динамического визуального ряда – модели, анимации, видеозаписи реального эксперимента, справочные материалы, так что даже в отсутствие учителя ученик не оказывается оставленным без помощи наедине с интерактивными задачами, репетиторами, тренажерами.

Например, в теме «Преломление света» к услугам ученика «живые подсказки» – своеобразные «испытательные стенды» в виде моделей

«Электромагнитная волна на границе раздела сред»,

«Законы отражения и преломления света»,

«Преломление луча в плоской пластине»,

«Ход лучей в собирающей и рассеивающей линзе»,

«Свойства изображений в собирающей и рассеивающей линзе».

Важно, что модели и задачи образуют единый комплекс, в рамках которого учащийся имеет возможность отыскивать новое для себя знание.

3. Среди многошаговых интерактивных заданий выделим подвид, который можно назвать «рассуждалками».

Особый интерес они представляют в связи с той известной проблемой, что после повсеместного введения стандартизированной системы оценивания уровня подготовки школьников в форме тестов (ЕГЭ, ГИА, ЦТ) многие педагоги стали существенно меньше внимания уделять устным формам работы учащихся. Пострадала в том числе и такая форма, как построение объяснения какого-либо явления в форме цепочки логических рассуждений.

Компьютерный аналог такой деятельности не заменяет устную работу в классе, когда ученики могут помогать друг другу и дополнять ответ, но, с другой стороны, интерактивный тренажер понуждает учащегося проделывать соответствующие действия самостоятельно, пошагово, в рамках предоставленной ориентировочной основы действий, с поэлементной проверкой, что позволяет говорить об обучающем эффекте.

В качестве примера опишем ряд заданий, в которых требуется объяснить не вполне очевидные для большинства школьников явления электростатики: поведение лепестков заряженного электроскопа или подвешенной на нити незаряженной гильзы из фольги при поднесении наэлектризованной палочки, колебательное движение проводящего шара между разноименно заряженными пластинами. В качестве элемента динамического визуального ряда, предваряющего такие задания, целесообразно использовать не модель, а видеозапись реального эксперимента, чтобы у учащихся не возникало сомнений в достоверности происходящего.

Цепочке устных рассуждений в многошаговом задании-«рассуждалке» соответствует последовательность весьма простых по отдельности вопросов – простых как по физической сути, так и по форме представления на компьютере, вплоть до выбора одного из предложенных ответов. Однако последний шаг задания заметно сложнее (хотя предоставляемый трафарет и облегчает задачу): все звенья – этапы рассуждений – нужно собрать в единую цепь, составив целостный рассказ-объяснение.

В задаче о поведении лепестков заряженного электроскопа выделены пять шагов, представленных на рисунке 4. Учащийся должен:

1) выяснить, какие частицы начинают двигаться в металлическом стержне электроскопа под действием поля палочки (рис. 4.1);

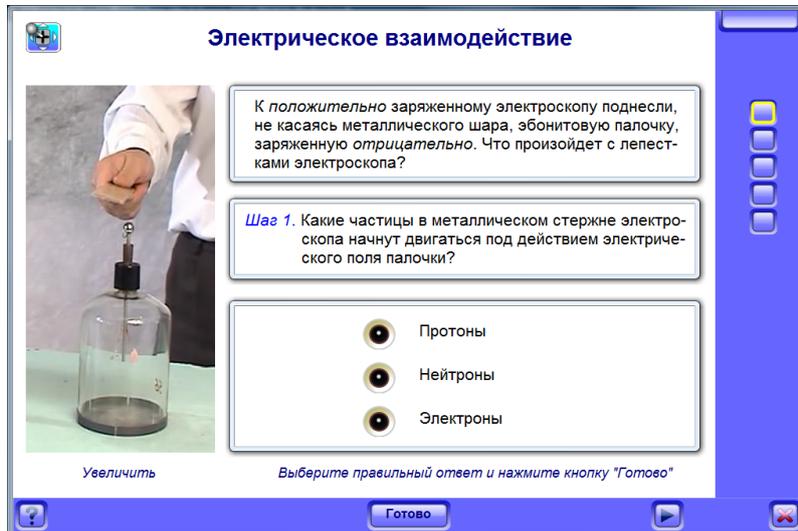


Рис. 4.1. Влияние наэлектризованной палочки на заряженный электроскоп, первый шаг – определение свободных носителей заряда

2) определить, в каком направлении движутся частицы в стержне электроскопа, при этом обсуждаем характер взаимодействия одноименных или разноименных зарядов;

3) понять, как меняется вследствие перемещения частиц по стержню заряд лепестков электроскопа (рис. 4.2). Наводящие реакции экспертной системы при необходимости помогают понять результат, неочевидный для значительного числа учащихся: поскольку при движении электронов переносится отрицательный заряд, следует оперировать алгебраической, а не арифметической суммой зарядов;

4) сделать вывод, как меняется вследствие изменения заряда лепестков электроскопа угол между лепестками;

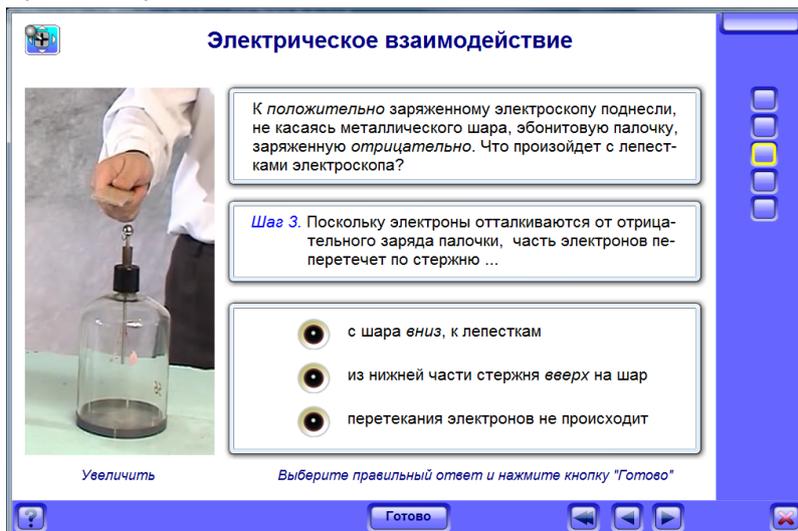


Рис. 4.2. Влияние наэлектризованной палочки на заряженный электроскоп, третий шаг – определение направления переноса заряда

5) составить связный рассказ о процессах, происходящих во всех частях электрометра при поднесении заряженной палочки (рис. 4.3).

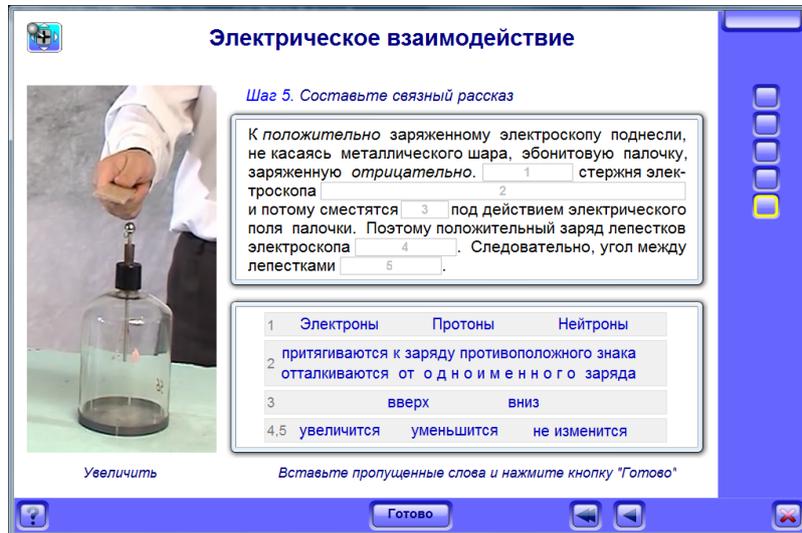


Рис. 4.3. Влияние наэлектризованной палочки на заряженный электрометр, пятый шаг – построение сквозной логической цепочки рассуждений

Измененные варианты задачи связаны с поднесением положительно или отрицательно заряженной палочки, а также с возможностью постановки обратной задачи: каков знак заряда палочки, если известно, что угол между лепестками изменился заданным образом.

На рис. 5 отображены этапы рассуждений, объясняющих поведение в аналогичных условиях (воздействие наэлектризованной палочки) подвешенной на нити незаряженной гильзы из фольги (явление электростатической индукции).



Рис. 5. Объяснение влияния наэлектризованной палочки на проводящую гильзу

Начальные шаги выполнения задания-«рассуждалки» можно рассматривать как задания первого уровня, итоговый шаг – как задание второго уровня. Дальнейшей «надстройкой» – повышением сложности – могут служить задания на закон сохранения заряда, устойчивость систем зарядов и т.д.

Заканчивая обсуждение тренажеров, отметим, что выделение уровней сложности возможно и в заданиях, предназначенных для отработки экспериментальных умений и навыков, например процедур снятия показаний измерительных приборов (определение цены деления, замеры по основной шкале в различных условиях, замеры с использованием нониуса), оценки погрешностей измерений. Возможна многоуровневая отработка навыков отображения функциональных зависимостей в форме таблиц, графиков, аналитических выражений; записи результатов эксперимента в виде доверительного интервала с разумной точностью; преобразований, связанных с различными единицами измерения и т.д.

4. В состав обсуждаемой обучающей среды входят интерактивные модели, анимации и видеозаписи эксперимента, обеспечивающие наглядное представление физических явлений, понятий и законов. Желательно, чтобы такие объекты также давали обратную связь, для чего они должны сопровождаться заданием или циклом заданий, которые позволят убедиться, что предъявленная информация не осталась непонятой учащимся.

Например, в «Интер@ктивной физике» неоднократно используется модель капельницы, движущейся за счет натяжения нити, к которой прикреплен груз (рис. 6). Эта модель позволяет сформулировать большое количество качественных и количественных заданий:

- о видах движения (поступательное, вращательное, комбинированное);
- о характере и направлении движения различных входящих в систему тел в разных системах отсчета;
- об инерциальности систем отсчета, связанных с различными телами;
- о том, какие тела взаимодействуют, какие – нет;
- о приложенных к каждому из тел силах, их направлении;

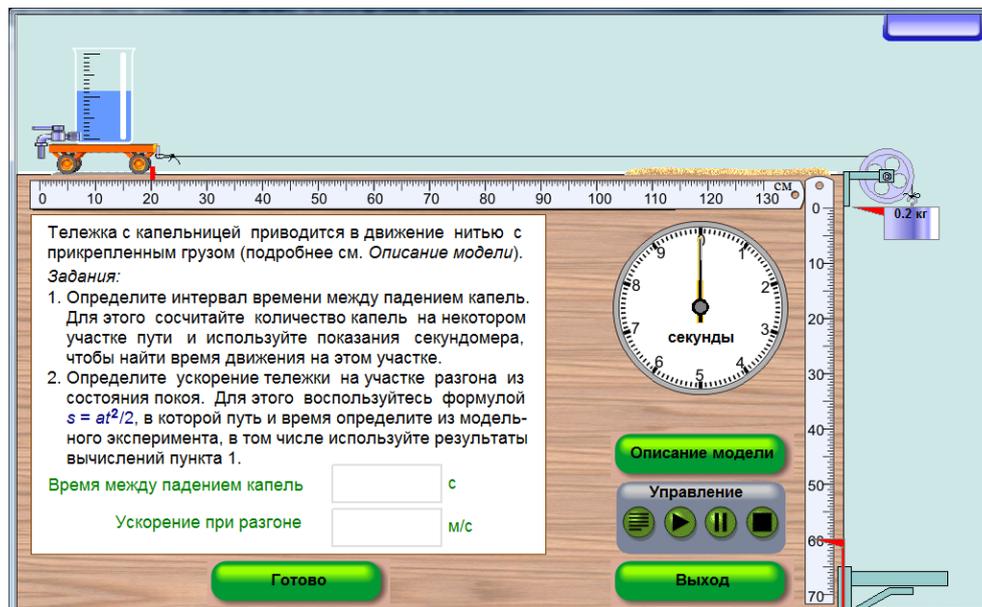


Рис. 6. Задание на определение ускорения капельницы на участке разгона

о связи равнодействующей и характера движения (ускоренное, замедленное, равномерное);

об определении по стробоскопической картине скорости и ускорения тележки на различных этапах движения.

Информация об успешности выполнения учащимся заданий может записываться в электронный журнал и учитываться при составлении «матрицы освоения» материала.

Система мониторинга процесса обучения и управления им

Результаты выполнения задач и репетиторов, образующих тренажеры, видны учащемуся непосредственно в меню тренажера сразу по окончании работы с ним (рис. 7): выполненные без ошибок отмечаются зеленой лампочкой, выполненные с небольшим числом подсказок – желтой, если же число подсказок было значительно, лампочка красная.

При прохождении итогового теста тренажера каждое задание предьявляется в одном варианте, случайно выбранном (сгенерированном) компоновщиком теста. По результатам выполнения теста выводится окно с соответствующей информацией (см. рис. 7). На панели главного меню тренажера около кнопки вызова теста загорается лампочка: например, зеленая, если без ошибок решено не менее 90 % заданий, желтая – от 50 до 90 %, красная – менее 50 %.

Информация, сохраненная в «матрице освоения», может быть в любой момент выведена на экран с помощью электронного журнала комплекса тренажеров. Удобно использовать два типа запросов: «суммарный» и «история входов». Второй тип запроса позволяет отследить, за сколько сеансов и с какими результатами пройден тот или иной тренажер. При запросе первого типа будут отсортированы и представлены лучшие результаты выполнения каждого задания тренажера за все пройденные сеансы обучения.

В примере, приведенном на рис. 8, ученик успешно решил задания 1, 5, 7, 8 и 10 тренажера, с недочетами – задания 2, 3 и 9, неудовлетворительно – задание 4; а задание 6 не решалось. Внутренний тест тренажера пройден так: безошибочно выполнено 50 % заданий, с использованием подсказок – 20 % заданий, при этом использовано 2 подсказки. Аналогично выглядит информация о работе с тематическими тестами.



Рис. 7. Вид меню тренажера после решения задач и прохождения итогового теста

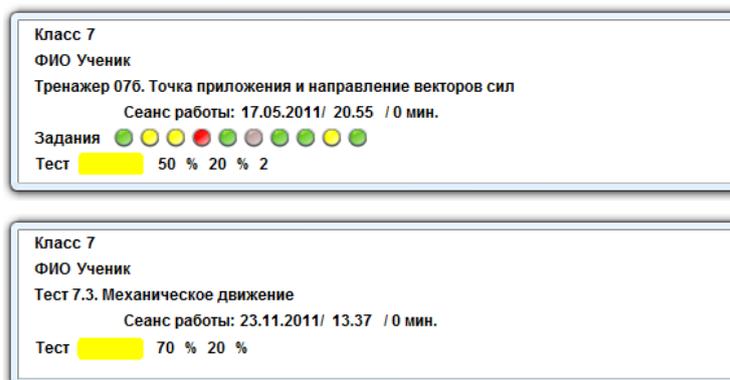


Рис. 8. Представление информации о прохождении тренажеров и тестов в электронном журнале учебного пособия «Интер@ктивная физика» [4]

Учитель при выставлении оценки в обычный классный журнал вправе по-своему преобразовывать «цветовую» оценку в обычную пятибалльную (или иную), учитывая особенности конкретного ученика и его класса, стадию освоения материала и т.д.

Изображенное на рис. 8 представление результатов обучения в электронном журнале достаточно подробно (для человеческого глаза, но не для глобальной экспертной системы обучающей среды), но не слишком удобно из-за своей фрагментарности, поскольку не позволяет «одним взглядом» оценить общее состояние дел. В качестве дополняющей электронный журнал альтернативы можно предложить вариант визуализации успехов учащегося с помощью структурно-логической модели учебного курса.

Например, в сегодняшнем своем виде учебная среда «Интер@ктивная физика, 7-й класс» в версии, сопровождающей учебник А.В. Перышкина (возможна настройка компьютерной среды на другие учебники), содержит около 50 интерактивных моделей, анимаций и видеосюжетов; более 70 интерактивных заданий, репетиторов и тренажеров, а также 4 теста по разделам курса. Модели, анимации, видеосюжеты предназначены для проведения учебных демонстраций, объяснения физических понятий, законов, явлений. Задания, репетиторы и тренажеры должны помочь учащимся научиться решать задачи и пользоваться измерительными приборами.

Структурно-логическая модель курса физики седьмого класса в соответствии с учебником А.В. Перышкина представлена на рисунке 9. Здесь нижний сектор изображает содержание глав «Взаимодействие тел» и «Работа и мощность. Энергия», левый – «Первоначальные сведения о строении вещества», а правый – «Давление твердых тел, жидкостей и газов». Элементы схемы, изображенные бледно-серым цветом, неактивны, поскольку соответствующие явления, понятия и законы изучаются в восьмом и девятом классах, здесь они даны лишь для полноты представления изображаемых разделов; та же схема может быть представлена для семиклассника в менее подробном, «свернутом» виде.

Практически каждому элементу структурной модели в составе обучающей среды «Интер@ктивная физика, 7-й класс» соответствует хотя бы один, а чаще – несколько интерактивных объектов. «Матрица освоения» содержит информацию о том, работал ли учащийся с соответствующими объектами и если да, то насколько успешно.

Эта информация может отображаться на экране компьютера с помощью цветовой индикации: элементы схемы, соответствующие не изученному пока материалу, остаются белыми, успешно изученные – окрашиваются в зеленый цвет, те, по которым имеются недочеты, – в желтый, проблемные – в красный. Таким образом, учащийся, или его родители, или учитель могут оценить состояние дел и определить направление дальнейших занятий.

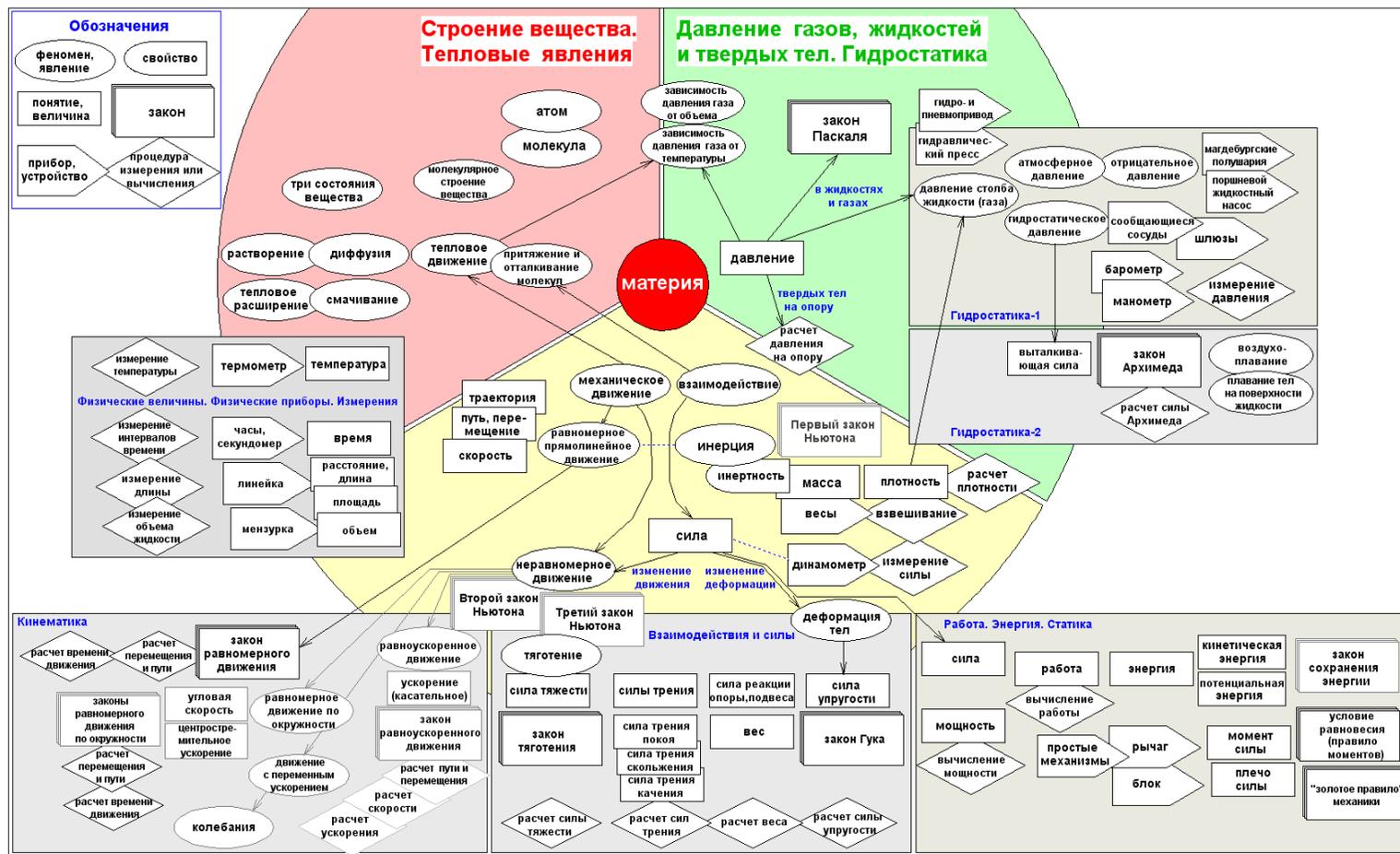


Рис. 9. Структурно-логическая модель курса физики 7-го класса по учебнику А.В. Перышкина

С появлением в составе программного продукта глобальной экспертной системы проблема выбора маршрута сможет решаться автоматически. Таким образом, оказывается возможным вплотную подойти к реализации полноценного программно-технологического средства обучения. Однако на этом пути предстоит еще преодолеть ряд серьезных проблем:

составление по возможности более полной системы ЗУН по курсу, причем упорядоченных по уровням сложности для достаточно представительного круга задач;

создание сплошного покрытия учебного материала интерактивными объектами; разработка алгоритма генерации очередного шага на траектории обучения с учетом индивидуальных особенностей и успехов конкретного учащегося.

Наконец, существует «внешняя» проблема, возникающая при эксплуатации такой системы: при существующих СНИПах семиклассник может заниматься на компьютере 15–20 минут в день.

Заключение

В отличие от реально существующего и поступившего в опытную эксплуатацию программного продукта «Интер@ктивная физика» автоматизированные средства обучения, способные осуществлять обучение без вмешательства учителя:

во-первых, пока не созданы,

во-вторых, вряд ли когда-либо превзойдут опытного учителя,

в-третьих, смогут быть полезны в основном в учебных заведениях, дающих *массовое* образование, и то, вероятно, на начальном этапе освоения школьниками учебного материала.

Все обсуждавшиеся выше интерактивные объекты нацелены на формирование *базового* уровня ЗУН, поскольку разработанные тренажеры содержат не сложные, комплексные задания, а, напротив, короткие, обозримые, нацеленные на поэтапную отработку достаточно простых операций, выполняемых в ходе решения физических задач. Это означает что существующие программные продукты в состоянии поддерживать в основном репродуктивную фазу обучения. Решение задач в тетради (на доске) в любом случае не отменяется, потому что разнообразие подлежащих освоению задач велико и все их перенести в компьютерную среду нереально, во всяком случае в обозримом будущем.

В то же время не следует недооценивать потенциальную полезность и уже в близкой перспективе востребованность компьютерных обучающих систем типа описанных выше. Они могут существенно снизить объем рутинной работы, которую учителю приходится совершать при традиционных формах обучения.

Далее, как в среднем, так и в высшем образовании, последние два десятилетия декларируется рост роли самостоятельной работы учащихся, что реализуемо лишь при условии разработки и внедрения дидактических материалов нового поколения, в том числе компьютерных интерактивных систем.

Усиливает эту тенденцию и дефицит аудиторных часов, и продолжающийся кризис в национальной системе образования, не в последнюю очередь выражающийся в кризисе педагогических кадров, поэтому перспективы применения автоматизированных обучающих систем более чем широки.

Литература

1. Физика, 7 кл. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ЗАО «1С» ; под ред. Н.К. Ханнанова. – Электрон. дан. (490Мб, 545 МБ). – М.: ЗАО «1С», ООО «1С-Публишинг», 2006. – Электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с экрана. – Систем. требования: Pentium III 700МГц; HDD 1,4 Гб; RAM 256 Мб; 1024x768; Windows 2000/XP/Vista. – (Серия «1С: Школа»).
2. Физика, 10–11 кл. Подготовка к ЕГЭ [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Федер. агентство по образованию, ГУ РЦ ЭМТО, ЗАО «1С»; под ред. Н.К. Ханнанова. – Электрон. дан. (445Мб, 500 МБ). – М.: ЗАО «1С», ООО «1С-Публишинг», Изд-во «Просвещение», 2004. – 2 электрон. опт. диска (CD-ROM). – Загл. с экрана. – Систем. требования: Pentium III 700МГц; HDD 170 Мб; RAM 128 Мб; 800x600; Windows 98SE/Me/2000/XP. – (Серия «1С: Школа»).
3. Баяндин Д.В. Электронные средства образовательного назначения на основе моделирующих компьютерных систем / Д.В. Баяндин // Школьные технологии. – 2011. – № 1. – С. 41–50.
4. Интер@ктивная физика. Система активных обучающих сред для основной средней школы. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – ООО ИИТ. – Электрон. дан. (520Мб, 565 МБ). – Пермь: ООО ИИТ, 2010. – 3 электрон. опт. диска (CD-ROM).
5. Оспенникова Е.В. Использование информационно-коммуникационных технологий в преподавании физики / Е.В. Оспенникова. – М.: БИНОМ, 2011. – 655 с.
6. Физика–10. Инновационный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс] / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. – М.: Просвещение-МЕДИА, 2008. – Режим доступа: www.school-collection.edu.ru. – 25.09.2011.
7. Ханнанов Н. К. Методика использования электронного издания «1С: Школа. Физика 7 кл.» для формирования частнопредметных и общеучебных умений / Н.К. Ханнанов, Т.А. Ханнанова // Физика в школе. – 2011. – № 7. – С. 37–50.