



КОНЦЕПЦИЯ ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЫ И ЕЁ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

БАЯНДИН Дмитрий Владиславович, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, baya260861@yandex.ru

Наиболее разносторонняя и эффективная компьютерная поддержка предметного обучения может быть осуществлена на основе среды, обеспечивающей все фазы учебного процесса, все виды учебно-познавательной деятельности и формы организации занятий, включая самостоятельную работу учащихся. Такая среда должна обладать высокой степенью интерактивности и, значит, основываться на технологиях математического и компьютерного моделирования. Данная концепция реализована применительно к школьному и вузовскому курсу физики в электронном издании «Интер@ктивная физика», разработанном Институтом инновационных технологий (г. Пермь). Основными составляющими программного продукта являются контент (преимущественно интерактивные модели и задания), инструмент компоновки объектов среды для поддержки занятия, инструмент систематизации знаний учащихся, система интернет-мониторинга результатов их учебной деятельности. Компьютерная среда прошла продолжительную апробацию и последние четыре года широко используется в школах и вузах Пермского края, других регионов России и Казахстана. Ежегодно проводятся курсы повышения квалификации для учителей физики Пермского края. Всего эти курсы прошло около 500 педагогов.

Ключевые слова: виртуальная среда обучения, компьютерные модели, интерактивные тренажёры, самостоятельная работа, эффективность обучения.



Введение

Сохранение и тем более повышение качества естественно-научного и технического образования, его интенсификация в условиях ускоряющегося в масштабах планеты научно-технического прогресса невозможны без использования новых педагогических технологий, в том числе опирающихся на современные информационные технологии. Всё более актуальной становится задача последовательной реализации в процессе обучения деятельностного подхода — в том, что касается развития представлений о мироустройстве, причинах и взаимосвязях различных явлений, формирования умений решения задач, получения навыков работы с измерительными приборами и проведения экспериментальных исследований.

Одно из важных направлений развития информационно-образовательной среды связано с разработкой и использованием программных средств учебного назначения, эффективных, интеллектуальных, гибких, методически выверенных, позволяющих варьировать объём и формы представления материала, методику его подачи. Электронные образовательные продукты должны обеспечивать поддержку интенсивных, целенаправленных и контролируемых занятий учащихся, а также тщательную, но доброжелательную проверку приобретённых знаний, умений и компетенций, оценку их системности и систематичности.

При изучении такой сложной дисциплины, как физика, недостаточно, чтобы учащийся только слушал учителя, рассматривал наглядные пособия и наблюдал за ходом демонстрационного эксперимента — во всяком случае, если целью является качественное и результативное (в смысле способности применения знаний) уяснение и усвоение учебного материала. Деятельностный компонент курса физики связан с оперированием текстово-графической информацией, с решением задач и лабораторным практикумом. Но в нынешних условиях педагог не в состоянии пошагово контролировать соответствующие действия учащегося, не в состоянии оценить их точность и самостоятельность. Поэтому мотивированный ученик учится добросовестно, немотивированный же имеет возможность лишь имитировать учение. Продуманное использование компьютерных технологий способствует повышению мотивации и побуждает не имитировать деятельность, а реально её осуществлять.

Лучшие программные продукты и методики поддерживают интерактивность обучения, деятельностное усвоение знаний, формирование навыков принятия решений. Открывается возможность передать компьютеру ряд традиционно выполняемых учителем рутинных функций, прежде всего — повторяющихся объяснений приёмов и операций, применяющихся при решении задач, а также весомой доли тренингов и контроля.



Соответственно, появляется время для более творческих видов педагогической деятельности. Достоинствами компьютерных образовательных технологий при изучении физики являются:

- появление новых механизмов развития теоретического мышления;
- визуализация сложных процессов, причём с элементами активности, манипуляционности (в отличие от видео- и телеобучения);
- автоматизация обработки данных эксперимента (пассивная роль компьютера);
- управление натурным экспериментом (активная его роль);
- возможность сочетания экспериментального исследования с построением и изучением идеальной, математической и компьютерной модели;
- проведение численного эксперимента в ситуациях, в которых непригодны стандартные приборы — на очень больших или очень малых временных и пространственных масштабах, а также в тех областях физики, для которых натурный эксперимент в классе или вообще на Земле невозможен;
- расчёт задач, аналитическое решение которых сложно или невозможно;
- возможность коллекционирования, обработки и воспроизведения видео, аудио, редких полиграфических изображений и другого иллюстративного материала;

— удобство и дешевизна тиражирования программных продуктов по сравнению со средствами обучения, традиционными для данной учебной дисциплины;

— наконец, безопасность: компьютерная система, в отличие от реальной экспериментальной установки, не ломается, не взорвётся, не повлечёт материальные и человеческие жертвы.

Информационно-образовательная среда (ИОС) за последнее десятилетие активной информатизации системы образования существенно изменилась, и в наибольшей, пожалуй, степени эти изменения коснулись обучения физике. Роль виртуальной составляющей ИОС курса физики стала весьма заметной, хотя всё ещё далёкой от идеала. Применение программных средств в школе страдает, во-первых, отсутствием системности и фрагментарностью, а во-вторых, превалированием пассивных форм виртуальных учебных объектов (ВУО) — текстов, статичной графики и видео, а также создаваемых на их основе презентаций. Менее трети педагогов применяют анимации и модельные демонстрации, в основном, в режиме фронтальной работы. Чаще, чем ВУО других видов, учителя используют компьютерные тесты с простейшими типами заданий. Между тем потенциал виртуальной составляющей ИОС в части физики очень значителен. В рамках федерального проекта «Информатизация системы образования»



(200–2008 гг.) и помимо него был разработан ряд программных комплексов нового поколения, содержащих высокоинтерактивные объекты — модели и модельные конструкторы, а также задачи и тренажёры с серьёзными экспертными системами анализа действий учащегося. Схожая ситуация с обучением фундаментальным дисциплинам сложилась в вузе.

Научно-методическая периодика содержит большое число публикаций, описывающих возможности компьютерных технологий для повышения наглядности при сопровождении лекций, организации виртуального или компьютеризованного лабораторного практикума, локального или дистанционного контроля знаний [1–6]. При этом практически отсутствуют работы, в которых анализируется эффективность диалоговых компьютерных систем в плане интенсификации процесса формирования представлений, усвоения приёмов решения задач и отработки соответствующих умений и навыков в индивидуальном режиме применительно к учебным курсам значительного объёма. Причина в том, что электронных учебных пособий, систематически охватывающих интерактивными заданиями курс физики, крайне мало. Это видно из работы [7], посвящённой описанию подобных систем и анализу их состава.

Между тем одним из способов повышения уровня обученности школьников и студентов физике является системное

использование всех видов ВУО, в том числе — высокоинтерактивных, причём не только при фронтальной, но и при индивидуальной работе, во всех видах учебной деятельности. Это означает, что среда компьютерной поддержки предметного обучения должна быть полнофункциональной и основанной на технологиях математического и компьютерного моделирования. Вопросы структуры, состава и функций такой среды обсуждались, например, в работах [8–9].

Тем не менее требуют дальнейшей разработки вопросы:

- развития теоретических основ проектирования компьютерных обучающих систем, уточнения принципов и развития методов их построения, в том числе в плане использования методов математического моделирования объектов предметной области и построения экспертных систем;
- выявления существенных свойств, методологической, технологической и методической основы программных средств, ориентированных на поддержку предметного обучения, которые позволят им стать эффективным компонентом информационно-образовательной среды;
- совершенствования технологии разработки программных средств учебного назначения, использования инструментальных средств визуального проектирования и математического моделирования;



- развития методики и выработки таких организационных форм, которые обеспечат эффективное использование информационно-коммуникационных технологий, повышение качества предметного обучения;
- выявления методов и средств повышения самостоятельности учащихся в процессе учения на информационном этапе развития общества.

Полнофункциональная виртуальная среда обучения

Информатизация образовательного процесса на определённом этапе приводит к появлению нового феномена — *виртуальной среды обучения*, которую будем понимать как совокупность технологий, учебно-информационных ресурсов и структур данных, которые образуют функционально полную систему, призванную обеспечивать все возможные формы деятельности пользователя (педагога и учащегося) в процессе учения. Эта среда может выполнять функции носителя информационной метатеchnологии и организационных форм образовательного процесса.

Виртуальная среда обучения содержит:

- ориентированные на обучение и его обслуживание;
- средства подготовки и предъявления информации;
- средства обработки и передачи информации внутри среды обучения, взаимодействия пользователей внутри среды друг с другом и с внешним миром (электронная почта, сетевой доступ, периферийные устройства и приборы);
- системы, обеспечивающие *связность* среды обучения, единство «правил игры» в ней (эту роль могут выполнять html-продукты, образовательные платформы, оболочки дистанционного обучения и др.);
- различные *электронные средства образовательного назначения* (ЭСОН) с их предметным наполнением и системой обеспечения учебно-информационного взаимодействия с пользователем, включая регламент предъявления и потребления учебной информации, организации обратной связи, управления обучением;
- педагогические программные средства, которые могут выполнять функции:
 - среды разработки ЭСОН;
 - средства обеспечения функционирования ЭСОН;
 - инструмента настройки ЭСОН на уровень пользователя;
 - решатели задач, формулируемых в ЭСОН;
 - базы данных, в том числе отражающие результаты обучения;
 - ссылки на внешние библиотеки книг, программ, информационные сайты;
 - систематизированные файлы пользователей (материалы преподавателя и учащегося, продуцируемые при подготовке к обучению и по ходу его).



Естественной надстройкой над виртуальной средой обучения является система управления и мониторинга.

Предпочтительным представляется вариант *открытой* среды обучения, когда за счёт *инструментальности* базового педагогического программного средства возможна модификация наполнения среды и «правил игры» в ней. Наилучшим образом эти возможности реализуются на основе систем визуального проектирования и математического моделирования [10]. Они позволяют реализовать все необходимые функции среды и типы виртуальных учебных объектов. В этом случае в рамках среды обучения преподаватель имеет доступ к инструментам, обеспечивающим развитие информационного контента и организационно-методических форм работы учащихся. В идеале открыты для изменения не только методические тексты (материалы преподавателя), но и более сложные компоненты среды — вплоть до *модели обучения*. Учащийся же имеет доступ к инструментам, обеспечивающим выполнение учебных заданий, и создание собственных файлов (отчёты, рефераты и другие материалы).

Проектирование полнофункциональной виртуальной учебной среды должно проводиться на основе обобщённой дидактической модели учебного процесса, охватывающей все фазы обучения: предъявляющую иллюстративно-демонстрационную, лабораторно-исследовательскую, тренажёрную, контролирующую,

попытку построения такой модели описана в предпоследнем разделе данной статьи.

Важнейшим элементом виртуальной среды обучения являются электронные средства образовательного назначения, необходимые для осуществления собственно процесса предметного обучения. ЭСОН можно определить как «программное средство, в котором отражается некоторая предметная область, в той или иной мере реализуется технология её изучения, обеспечиваются условия для осуществления различных видов учебной деятельности» [11, с. 65].

Структура *полнофункционального* ЭСОН, обеспечивающего поддержку широкого спектра форм организации учебных занятий и видов учебной деятельности, а также виды входящих в его состав виртуальных учебных объектов представлены на рис. 1. Смысл используемых здесь и далее в тексте наименований виртуальных учебных объектов соответствует изложенному в статье [12, с. 467–468].

В состав ЭСОН входят виртуальные учебные объекты, представляющие собой его содержательное наполнение, и объекты, позволяющие организовать работу пользователя. Выделим следующие компоненты полнофункционального ЭСОН:

- предметно-информационный, представленный описательно-иллюстративной и интерактивной моделирующей частями, из которых первая



предназначена для отражения реального мира в рамках изучаемой предметной области, его описания аппаратом учебной дисциплины с целью предъявления готового знания, а вторая — для активного добывания нового знания самим учащимся;

- предметно-процедурный, ориентированный на усвоение и закрепление знаний, выработку умений и навыков, оценку качества этих процессов на основе взаимодействия пользователя с системами интерактивных задач, тренажёров, и тестов;
- методический;
- системы навигации (навигаторы, справочники, поисковые системы, структурно-логические модели дисциплины, отражающие связи её понятий и законов);
- система управления обучением.

Каждому компоненту ЭСОН соответствуют свои формы организации учебного материала, а им, в свою очередь, различные виды виртуальных учебных объектов. Из рис. 1 видно, что функции большей части компонентов ЭСОН обеспечиваются педагогическим инструментальным средством.

Первой отечественной разработкой, которую по ряду признаков можно отнести к полнофункциональным ЭСОН, стала, по-видимому, «Открытая физика» (версия 2.0, 1998 г.), в которой были представлены систематическое изложение курса в виде иллюстрированного текста, интерактивные модели демонстрацион-

ного и исследовательского характера, а также задания открытого и закрытого типа. Таким образом, предметно-процедурный компонент был низкоинтерактивным.

Тогда же получил распространение переводной образовательный продукт «Живая физика» (Институт новых технологий), в оригинальной версии называвшийся «Interactive Physics» (MSC Software Corporation). При великолепных возможностях моделирования локализованная версия содержала также некоторое число интерактивных заданий, имеющих, в основном, развивающий характер. Отработка конкретных знаний и умений, поддержка занятий по решению задач не предусматривалась.

В полной мере полнофункциональным ЭСОН можно считать активную обучающую среду «Виртуальная физика» [13] в версии 2000 года, в которой интерактивный моделирующий и предметно-процедурный компоненты были примерно равновелики по объёму и уровню интерактивности. Среда содержала также оригинальные элементы аппарата ориентировки — каталоги хронологии развития физики и её структурно-логических моделей, описанные в работе [14].

С началом нового века появилось сразу несколько качественно новых электронных изданий жанра «библиотека наглядных пособий» (например, [15]), однако только некоторые разработки фирмы 1С под редакцией Н.К. Хананова, например, [16–17], можно отне-

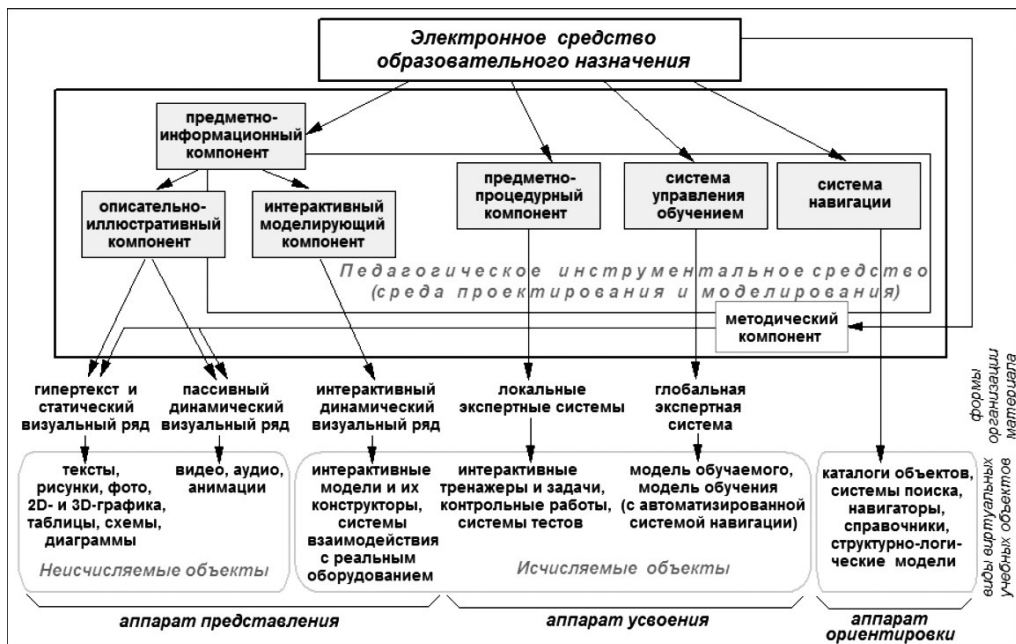


Рис. 1. Структура ЭСОИ и состав виртуальных учебных объектов

сти к полнофункциональным учебным средам. В остальных образовательных продуктах предметно-процедурный компонент отсутствовал или был неравновелик предметно-информационному.

В 2006 году произошла реинкарнация «Виртуальной физики». В новой версии учебной среды не только изменился дизайн, но и произошёл отказ от акцента на режим создания пользователями новых моделей ввиду его слабой востребованности. По той же причине были сужены возможности конструирования систем на основе библиотек базовых моделей. При этом новый вариант продукта, получивший название «Интер@ктивная фи-

зика» [18], стал ещё в большей степени соответствовать категории полнофункциональных ЭСОИ, поскольку предметно-процедурный компонент значительно усилился по объёму и по качеству.

Образовательный продукт «Интер@ктивная физика»

Предметно-ориентированная среда «Интер@ктивная физика» [18], разработанная Институтом инновационных технологий (ИИТ, г. Пермь), как было отмечено выше, представляет собой полнофункциональное ЭСОИ, основанное на технологиях математического и компьютерного моделирования. Эти техно-



логии привносятся в продукт базовым педагогическим инструментальным средством — системой визуального проектирования и математического моделирования Stratum-2000 (автор — О.И. Мухин, научный руководитель ИИТ) [10]. (Система Stratum-2000 была также инструментом разработки «Виртуальной физики»).

Основными составляющими продукта «Интер@ктивная физика» являются:

- предметно-ориентированный контент;
- инструмент компоновки объектов среды для сопровождения занятия, предназначенный для преподавателя;
- инструмент систематизации знаний учащихся;
- система интернет-мониторинга результатов учебной деятельности с электронным журналом и возможностями статистической обработки данных.

1. В контенте «Интер@ктивной физики» представлены практически все виды виртуальных учебных объектов, выделенных на рис. 1:

- около 150 видеофрагментов (записей демонстрационного эксперимента и демонстраций работы с интерактивными моделями и заданиями, которые могут быть использованы в качестве видеоинструкций и методических материалов);
- около 20 отдельных анимаций и серий анимаций;
- более 400 интерактивных моделей различного рода (интерактивные плакаты, демонстрации, исследователь-

ские модели, симуляторы лабораторных работ);

- 8 тематических конструкторов;
- более 100 интерактивных заданий и серий заданий;
- более 500 интерактивных репетиторов;
- более 100 интерактивных тренажёров (серий тематически связанных многовариантных и многошаговых заданий с итоговым тестом);
- 6 полных интерактивных уроков (обучающих сценариев);
- более 70 тестов (самопроверки, контрольных по теме, итоговых по разделу);
- более 40 обобщающих текстов с иллюстрациями.

Общее количество виртуальных учебных объектов в системе — около полутора тысяч, причём большая их часть предназначена в первую очередь для индивидуальной работы учащихся (разумеется, эти объекты могут также использоваться при фронтальной и групповой работе). Формам организации занятий и видам учебной деятельности, которые могут поддерживаться средствами продукта «Интер@ктивная физика», посвящён предпоследний раздел статьи.

Основными авторами-постановщиками интерактивных моделей, заданий и других ВУО среды являются автор данной статьи и заслуженный учитель РФ Н.Н. Медведева. Был реализован ряд сценариев, предложенных Е.В. Оспен-



никовой, А.В. Гаряевым, Л.И. Колесниченко, а также Н.К. Ханнановым, благодаря сотрудничеству с которыми около 60 пермских по своему происхождению моделей и тренажёров вошли в состав продуктов фирмы 1С [15–16]. Вклад О.И. Мухина в разработку многих ВУО был неocenим на этапе обсуждения технологических приёмов, обеспечивающих реализацию сценариев, и способов отображения информации.

Учебная среда охватывает все разделы учебной дисциплины (от механики до квантовой физики и теории относительности) и все основные темы — от вводных в курс (методы научного познания, физические величины и единицы измерения, измерительные приборы, роль математики в развитии физики, физика и техника) до обобщающей (элементы физической картины мира). Также представлен раздел по избранным темам математики (графики функций, векторная алгебра, тригонометрия).

Внутри среды выделены две подсистемы, ориентированные на первый концентр средней школы (7–9 классы) и на второй (10–11 классы). Этот последний включает материал, полезный не только при базовом, но и при профильном обучении в школе, а также при изучении курса общей физики в техническом вузе (динамика вращательного движения, сложные колебательные системы, сложение колебаний, векторные диаграммы, поля систем неточечных зарядов, расчёт электрических цепей

на основе правил Кирхгофа, некоторые сложные вопросы оптики и физики микромира).

Контент структурирован в виде трёхуровневого меню: перечень разделов (для второго концентра их 16) — перечень подразделов (до десятка в разделе) — перечень ВУО, входящих в подраздел. Содержание первых двух уровней представлено в виде списков, а третьего — в виде комплектов скриншотов начальных экранов ВУО с подписями (идея О.И. Мухина; аналогичное анонсирование объектов используется также в продукте «Наглядная физика», разработчик ООО «Экзамен-Медиа»). На рис. 2 представлено отображение в меню 3 уровня одного из подразделов курса.

Входящие в состав продукта ВУО имеют развитый манипуляционно-графический интерфейс, предназначенный для организации взаимодействия пользователя с компьютерной системой посредством оперирования с графическими объектами при помощи клавиатуры и мыши. Интерфейс обеспечивает возможности композиции/декомпозиции объектов, сборки их систем, задания начальных условий и управления моделируемыми процессами, построения графиков, векторных картин сил и полей, хода лучей в оптических системах, составления уравнений и так далее.

Назначение интерактивных моделей в составе среды:

- демонстрация явления (в том числе в форме мысленного эксперимента);

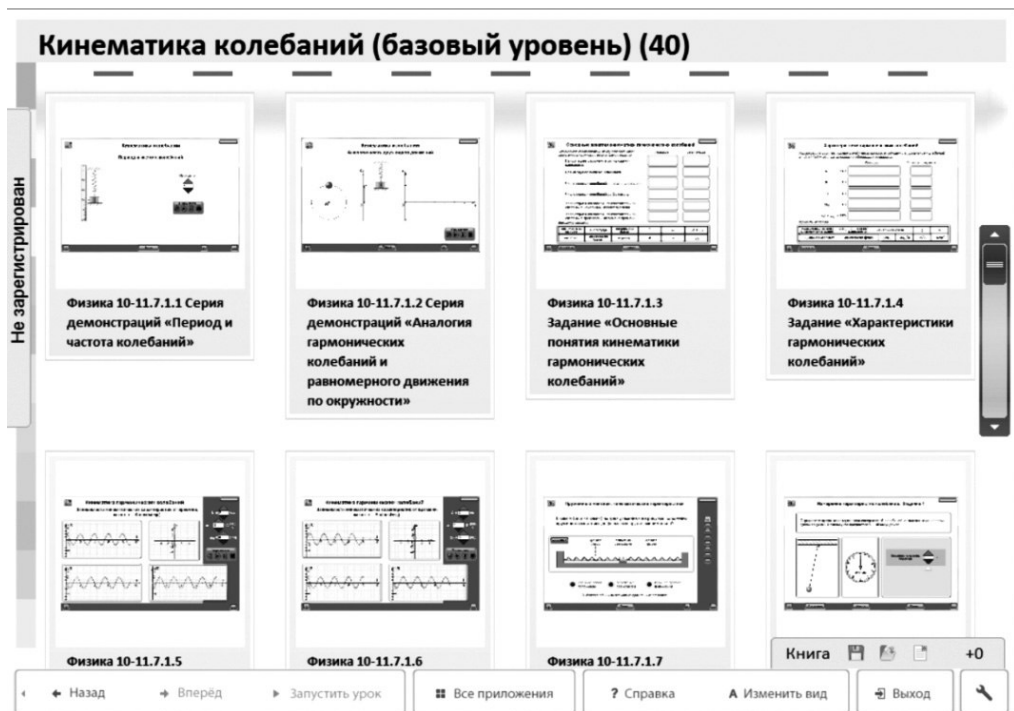


Рис. 2. Вид каталога учебных объектов одного из подразделов среды

- сравнение объектов, сопоставление явлений;
- введение новых понятий;
- исследование явления на готовой модели;
- имитация физического эксперимента;
- анализ ситуации, выработка умения видеть и понимать происходящее;
- поиск закономерности;
- развитие самостоятельности, навыков исследования;
- открытие субъективно нового знания;
- пояснение принципа действия технического устройства;
- конструирование ситуаций и устройств.

Изображения на рис. 3 дают представление об особенностях моделей различных типов. Возможностям использования интерактивных моделей в обучении посвящены, например, работы [9, 19].

При работе с моделями — как дополнению к классическому лабораторному практикуму — учащиеся осуществляют в режиме диалога с компьютером такие формы деятельности как наблюдение, сопоставление, обобщение, выбор, анализ результатов, поиск условий для реализации поставленной задачи.

Интерактивные задания, репетиторы, тренажёры призваны обеспечить

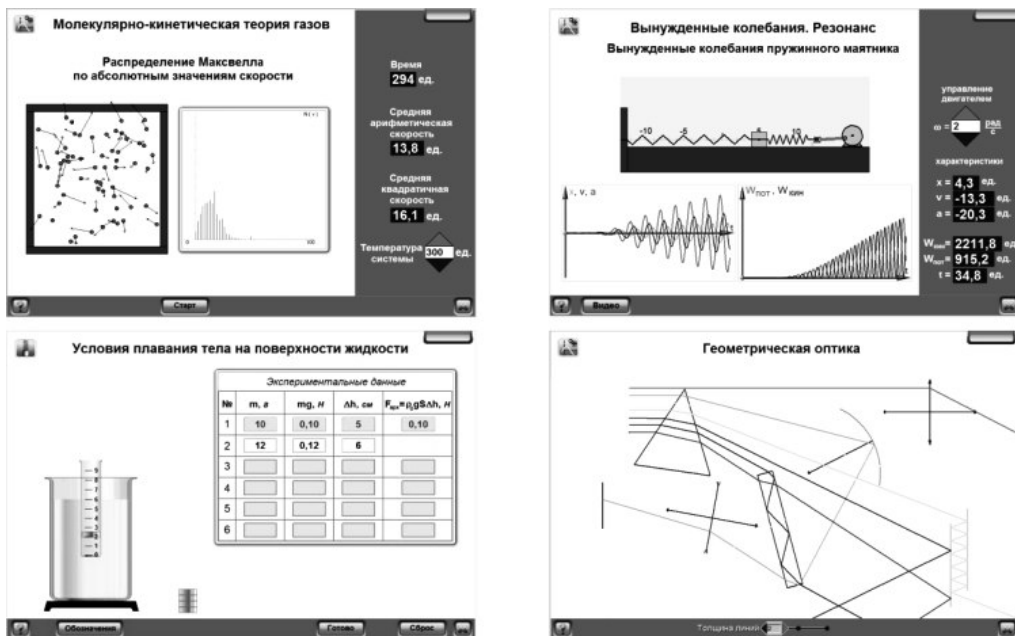


Рис. 3. Объекты интерактивного моделирующего компонента среды: модельная демонстрация, исследовательская модель, симулятор лабораторной работы, модельный конструктор

формирование базовых знаний иработку основных умений:

- использование измерительных приборов;
- сборка приборов и устройств;
- обработка результатов эксперимента;
- систематизации и классификации информации;
- построение цепочек логических рассуждений;
- построение векторных картин сил или полей;
- запись уравнений (законов движения, проекций);
- решение многошаговых задач на построения (например, хода лучей в оптике);
- решение многошаговых задач на вывод формул и вычисления;
- построение графиков зависимостей физических характеристик;
- проведение преобразований, связанных с единицами измерения.

Вид экрана для заданий различного рода представлен на рис. 4. Интерактивные задания, репетиторы, тренажёры образуют в «Интер@активной физике» систему с уровневой организацией, которая обсуждается в работе [20].

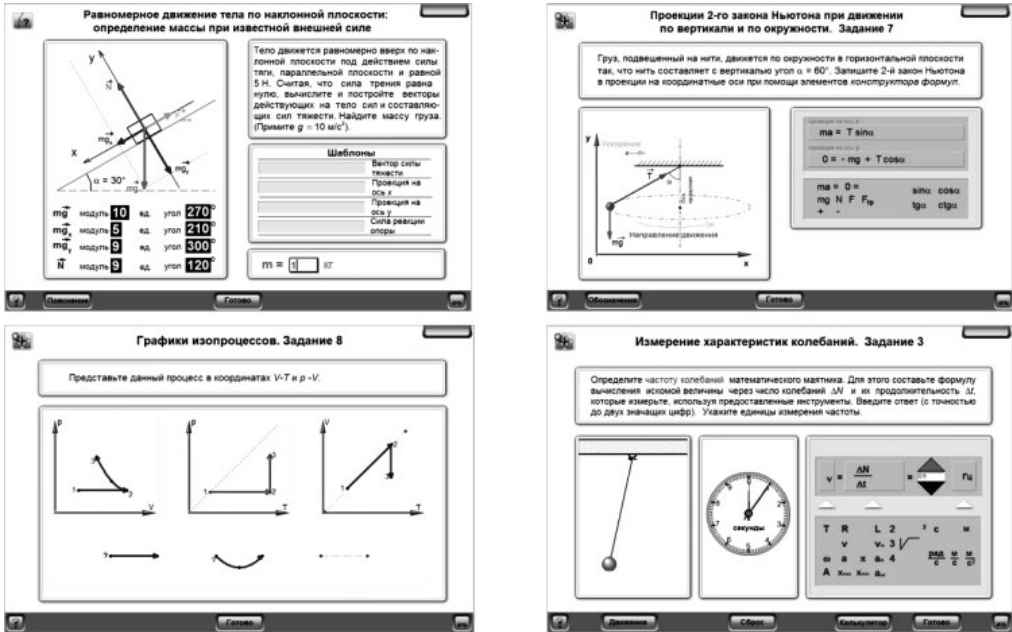


Рис. 4. Объекты предметно-процедурного компонента среды: построение векторной картины сил, запись проекций закона движения, построение графиков, имитация физических измерений

С позиций использования ЭСОН как средства усиления деятельностной компоненты процесса учения и его индивидуализации интерактивные задачи и интерактивные тренажёры являются основным типом учебных объектов, назначение которых — формирование знаний, умений, навыков и компетенций. Экспертная система регламентирует на этапе тренажа необходимые шаги (даёт ориентировочную основу действий), позволяет последовательно рассмотреть ключевые ситуации, пройдя их с постепенным повышением сложности заданий, оценивает правильность действий в изменённых и нестандартных

ситуациях, обеспечивает при необходимости возможность возврата к типовым ситуациям, реализуя цикличность процесса учения, осуществляет детальный контроль, проводит статистическую обработку результатов и отслеживает динамику развития учащихся.

Виртуальные учебные объекты обычно представлены в обсуждаемой среде в виде серий, тематически связанных групп, названных в работе [12] «мультиплетами». Такая группа может представлять изучаемый элемент знания в форме видеофрагмента или анимации с комментариями (предъявление нового материала с обратной связью в виде про-



стных сопровождающих вопросов), одной или нескольких интерактивных моделей (демонстрация, исследование с открытием субъективно нового знания, лабораторная работа), серии интерактивных задач и тренажёров (формирование знаний и умений, отработка навыков),

иллюстрированного текста, теста (проверка усвоения материала). Назначение мультимедиа — обеспечить сопровождение изучения материала от фазы первого знакомства с ним, через углубление понимания, повторение и обобщение — до фазы контроля (рис. 5). Таким образом

Электрические явления
Два рода зарядов: одноименно заряженные гильзы

Электрические явления
Пара зарядов, подвешенных на нитях

Закон Кулона
Управление №2
Соберите крутильные весы из данного набора элементов.

№	Элемент
1	серебряная утруга
2	поролон
3	металл шарик
4	диск
5	вращающаяся головка
6	позолоченный шарик
7	изоляция ножки
8	стеклянная шарика
9	шкала

Закон Кулона. Задание 2
Тело 2 имеет заряд, четверть большей, чем тело 1. В какой точке сила Кулона взаимодействия с красным зарядом будет для тела 2 такой же, как для тела 1?

Закон Кулона: опыт с колеблющейся стрелкой

Электростатическое взаимодействие
Взаимодействуют два тела, заряженных зарядами Q и 2Q. На каком рисунке силы изображены верно?

Рис. 5. Мультимедиа по теме «Взаимодействие зарядов. Закон Кулона»: видеозапись демонстрационного эксперимента, демонстрационная модель, задание на сборку крутильных весов, задание на расчёт соотношения сил взаимодействия зарядов, исследовательская модель, тест самопроверки



процесс учения оказывается выстроен в виде своеобразной технологической цепочки, которая может легко варьироваться с целью обеспечения индивидуализации обучения. Технологичность процесса учения для школьника или студента облегчает работу преподавателя. Типологии мультиплетов и обсуждению их особенностей посвящена работа [12].

Каждый раздел среды завершается обобщающим блоком, который содержит интерактивные тренажёры и тесты по соответствующим темам. Результаты работы зарегистрировавшегося пользователя с виртуальными учебными объектами фиксируются экспертной системой для дальнейшей обработки и отображения в электронном журнале и системе мониторинга.

2. Среда «Интер@ктивная физика» содержит большое (и притом заведомо избыточное для любой фиксированной группы учащихся) число учебных объектов, поэтому возникает проблема их отбора для проведения занятия и последующего сохранения в компактном виде. Некоторые образовательные продукты (например, разработанные на платформе 1С: Образование) предусматривают такую возможность, но известные нам инструменты сложны и неохотно используются педагогами.

В нашем случае учителю предоставляется чрезвычайно удобный инструмент (идея О.И. Мухина) для компоновки объектов на визуально-манипуляционном уровне путём перемещения с помо-

щью мыши «карточек», обозначающих объекты, в специальное окно «Книга» (на рис. 6.1 оно выделено зелёной рамкой). «Книга», собранная для сопровождения урока, может быть сохранена под удобным именем для дальнейшего использования. Любой учитель может создать подборку «книг» для поддержки своих уроков в каждом классе (как и для выполнения учащимися самостоятельной работы, домашнего задания) и модифицировать эти «книги» по мере необходимости.

При использовании на занятии «книга» имеет вид ленты скриншотов (рис. 6.2), один из которых, выбранный с помощью мыши, отображается крупно и может быть активирован, то есть использован для загрузки самого интерактивного объекта.

Заметим, что пользователь (педагог или учащийся) не обязан использовать все компоненты «книги», внутренние средства навигации обеспечивают свободное перемещение между её составляющими.

3. Среда «Интер@ктивная физика» включает в себя оригинальный инструмент систематизации изучаемого материала — карты знаний. В них структурно-логические модели учебной дисциплины совмещены с информацией электронного журнала.

Способам представления знаний в интеллектуальных системах посвящено значительное число работ, например, [14, 21–25]. Одним из таких способов



являются структурно-логические модели предметных областей, предназначенные для систематизации учебной информации путём визуализации взаимоотношений и связей между понятиями, явлениями, законами, свойствами объектов, для отображения логики развёртывания учебных дисциплин от общего к частному, от главного к второстепенному. Наш подход впервые был изложен в работе [24] и реализован в 1999 году в системе «Виртуальная физика» в виде совокупности полутора десятков разветвлённых схем, связанных гиперссылками в еди-

ную информационную базу с моделями, видеофрагментами, задачами, гипертекстовой справочной системой, хронологическим каталогом развития физики и каталогом персоналий учёных (подробно описаны в недавней публикации [14]).

В современной версии нашей учебной среды «Интер@ктивная физика» элементы структурной модели [25] также связаны с ВУО контента: по нажатию на элементе схемы правой клавиши мыши открывается список ВУО, содержательно с ним связанных, а по двойному щелчку происходит переход в соответ-

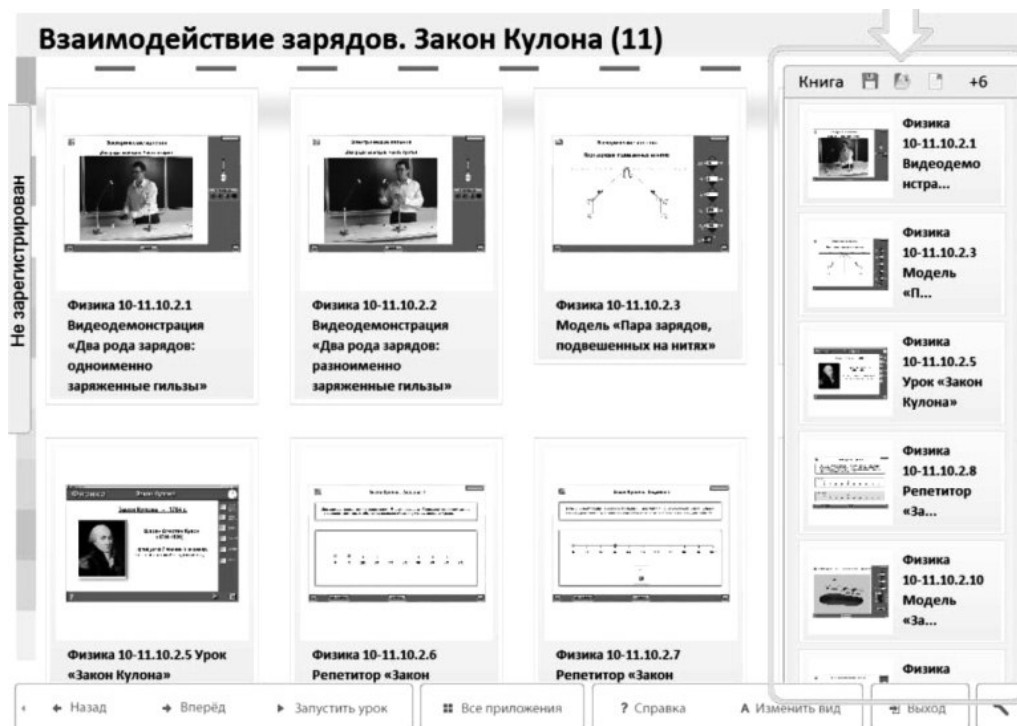


Рис. 6.1. Компонетка объектов для поддержки занятия в «книгу»



Рис. 6.2. Интерфейс «книги» при использовании на занятии

ствующую «книгу» (на рис. 7 видно, что выбранный объект под курсором мыши автоматически укрупняется). В отличие от версии 1999 года непосредственно на элементах схемы отображаются в виде квадратов различного цвета отметки, полученные учащимся при работе с ВУО, в связи с чем такой вариант схемы получил название карты знаний. Достаточно беглого взгляда на карту знаний, чтобы составить впечатление об объёме и качестве выполненной учащимся работы. Непосредственно изнутри карты знаний возможна ликвидация пробелов, выполнение работы над ошибками.

Инструмент систематизации знаний состоит из почти двух десятков подобных карт, связанных с помощью навигатора и кнопок локальных переходов. На рис. 7 кнопки таких переходов имеют вид голубых «лестниц», ведущих в под-схемы, более подробно раскрывающие содержание раздела механики. Составление карт знаний [25] и их реализация в среде выполнены автором статьи с использованием идей дополнительных способов отображения информации, предложенных О.И. Мухиным.

Отметим, что учебная среда «Виртуальная физика» входила в 2002 г.



в состав системы «Виртуальная школа», включавшей 7 школьных предметов, а «Интер@ктивная физика» является в настоящее время частью глобальной системы «Интеллектуальная школа», охватывающей 12 дисциплин, учебные среды которых выполнены в рамках общей концепции с использованием единых технологий.

4. Карты знаний отображают учебные достижения отдельного учащегося непосредственно внутри ЭСОН. Значительно большую открытость информации и широкие возможности сопоставления результатов обучения для разных учащихся и групп учащихся обеспечивает система интернет-мониторинга

(спроектирована О.И. Мухиным), единая для всей системы учебных сред «Интеллектуальная школа». Информация становится доступной для просмотра и анализа не только ученику и учителю, но и родителям, администраторам образовательных учреждений (ОУ), руководителям системы образования муниципального и регионального уровней.

Для отдельного учащегося система мониторинга позволяет (рис. 8) получать информацию следующих типов: портфолио по предмету, ежедневный отчёт, листинг всех результатов, выборка отметок по избранным критериям (дисциплина, период времени, тема). В случае, когда задание решалось уча-

Механика

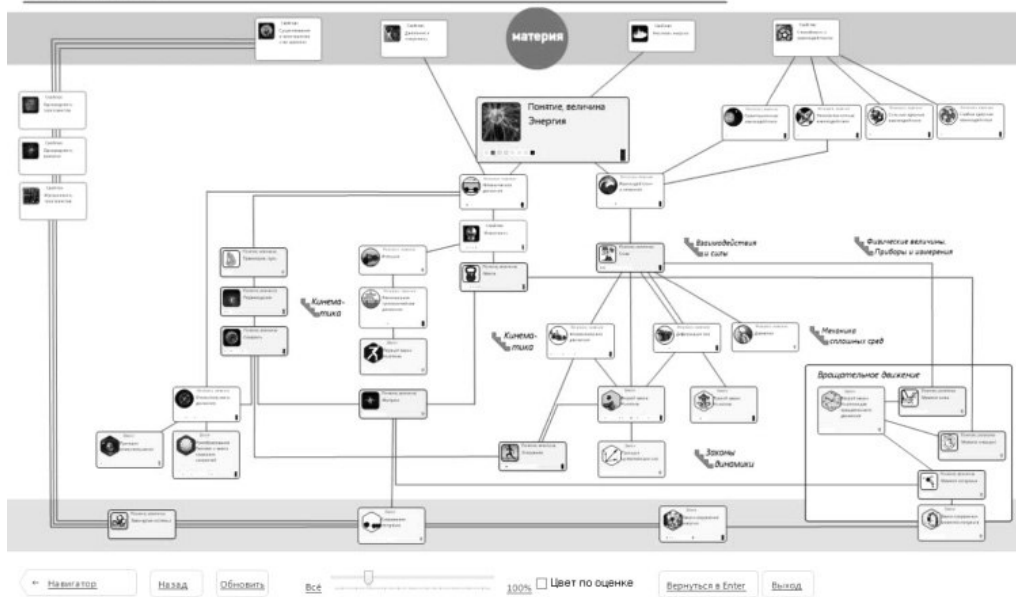


Рис. 7. Карта знаний, верхний уровень раздела «Механика»

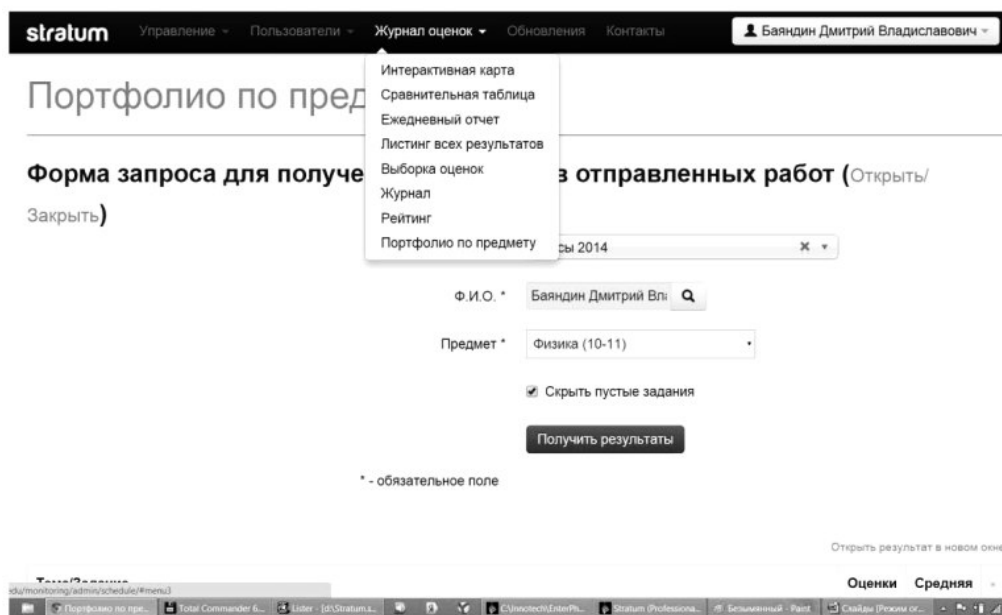


Рис. 8. Заглавная страница системы мониторинга комплекса учебных сред «Интеллектуальная школа»

щимся несколько раз, сохраняются данные по всем попыткам с возможностью выведения средних, либо последних, либо лучших результатов. Для учащихся внутри класса или учащихся нескольких классов одного ОУ ведётся журнал, составляются рейтинги, сравнительные таблицы, выборки отметок по избранным критериям. Для различных классов ОУ и для выборки ОУ в целом также составляются рейтинги и сравнительные таблицы по избранным критериям. На муниципальном и региональном уровне формируется интерактивная карта, на которой с помощью цветowych и числовых индикаторов отображаются интегральные показатели разных ОУ.

Таким образом, обсуждаемая виртуальная среда обучения содержит объёмный и разнообразный контент и ряд инструментов для управления процессом обучения.

Результаты апробации и регулярная эксплуатация продукта

Апробация информационных и педагогических технологий, заложенных в основу образовательного продукта «Виртуальная физика», началась с 1995 года в отдельных школах Пермской области, оснащённых вычислительной техникой соответствующего уровня и имеющих в составе педаго-



гических коллективов учителей — энтузиастов информатизации обучения физике. С течением времени эксперимент расширялся, росло количество вовлечённых в него педагогов и школ. Благоприятные условия для этого складывались в связи с опережающими темпами информатизации Пермской области по сравнению с большинством регионов страны. Основной механизм популяризации продукта в педагогических кругах и его продвижения в школы, помимо учительских конференций, состоял в регулярном проведении автором статьи курсов повышения квалификации и двухуровневых стажировок при Пермском областном ИПКРО, через которые прошло почти сто учителей физики.

В 2002 году экспертный совет при администрации Пермской области признал проведённую апробацию интерактивной обучающей системы «Виртуальная физика» успешной. В связи с этим продукт получил гриф «Рекомендовано в качестве учебного пособия по курсу физики для средних образовательных учреждений» в региональной системе образования (решение научно-педагогического совета от 28.02.2002 г., приказ № 47 от 4.03.2002 г. Департамента образования и науки Пермской области).

С 1999 года эксперименты по внедрению элементов компьютеризованного обучения проводились автором в Пермском государственном техническом университете со студентами электротехнического факультета при изучении курса

общей физики. Интерактивные модели и тренажёры из состава среды использовались в режиме индивидуальной работы студентов в компьютерном классе как одного из видов деятельности в рамках лабораторного практикума. Содержание такой деятельности и полученные результаты опубликованы в работе [19]. Позднее видеозаписи демонстрационного эксперимента и интерактивные модели стали также использоваться при проведении лекционных занятий.

В 2006–2008 гг. Институт инновационных технологий принимал участие в реализации проекта «Информатизация системы образования» Национального фонда подготовки кадров, в том числе был разработан инновационный учебно-методический комплекс (ИУМК) «Физика-10», состоящий из трёх модулей: для кабинета физики (проведение фронтальных занятий), для компьютерного класса (индивидуальная работа и работа в малых группах) и для самостоятельной работы. Апробация ИУМК проходила в школах Калуги, Красноярска и Перми. Объекты, составляющие ИУМК, представлены в Единой коллекции цифровых образовательных ресурсов (<http://school-collection.edu.ru/>). Впоследствии значительная часть контента ИУМК была переработана и вошла в состав среды «Интер@ктивная физика».

С 2006 года элементы контента «Интер@ктивной физики» используются при изучении дисциплин педагогического профиля на занятиях со студентами



физического факультета Пермского государственного педагогического университета. С 2013 года программный продукт играет роль основного компонента полнофункциональной виртуальной среды обучения физике для студентов, обучающихся по профилю бакалавриата «Информационные технологии в образовании» (направление подготовки «Информационные системы и технологии»). Особо следует отметить, что наиболее интенсивно программный продукт используется как средство организации самостоятельной работы студентов, которые в соответствии с требованиями вуза сдают ЕГЭ не по физике, а по информатике, так что входной уровень их обученности физике оставляет желать лучшего. Компьютерная среда, прежде всего интерактивные тренажёры, позволяют до некоторой степени реабилитировать школьную базу и подготовить студентов к восприятию вузовского курса физики. Подробное описание использованной методики и результатов обучения можно найти в работах [26–27].

В течение описанного периода обучающая среда «Интер@ктивная физика» распространялась по средним и высшим учебным заведениям России и Казахстана. Всего было охвачено около 80 образовательных учреждений. Кроме того во многих школах страны успешно, судя по косвенным признакам, использовались отдельные объекты среды, вошедшие в совместные с фирмой 1С: Электронные издания [15–16].

Период широкой и регулярной эксплуатации программного продукта начался с 2012 года, когда Министерство образования и науки Пермского края реализовало проект «Виртуальная физическая лаборатория», в рамках которого в 650 школ региона были поставлены мобильные компьютерные классы для оснащения ими кабинетов физики в комплекте с двумя программными продуктами — «Виртуальная физическая лаборатория» издательства «Дрофа» и «Интер@ктивная физика» Института инновационных технологий. С целью создания условий, благоприятных для внедрения в учебный процесс технологий электронного обучения, в следующие три года (2013–2015 гг.) сотрудниками ИИТ под эгидой педагогического университета проводились массовые курсы повышения квалификации, на которых технологиям и методикам, заложенным в образовательный продукт, было обучено около 500 учителей физики края. Особое внимание уделялось вопросам использования технологий компьютерного моделирования при различных формах занятий и организации индивидуальной работы учащихся с интерактивными заданиями и тренажёрами. Курсы имели практическую направленность, поэтому значительная часть занятий проходила в форме индивидуальной работы педагогов на компьютерах. Выпускная квалификационная работа состояла в разработке сценария урока с использованием объ-



ектов компьютерной среды, проведении на его основе открытого урока и составлении отчёта, содержащего анализ прошедшего занятия, прежде всего в плане результатов применения цифровой составляющей и успешности её сочетания с обычной методикой.

Наблюдение за ходом внедрения продукта в школах края (в том числе через систему интернет-мониторинга) показало, что многие учителя приступили к его применению, но при этом, к сожалению, тяготеют к использованию его во фронтальных формах работы, прежде всего при объяснении нового материала. Нередко это связано с тем, что компьютеры, предназначенные для «физической лаборатории» используются по большей части на уроках по другим дисциплинам, в основном, на информатике. В то же время известны случаи, когда учителя физики, не прошедшие курсы, самостоятельно осваивали самые продвинутые формы организации занятий с использованием среды «Интер@ктивная физика».

Во всех описанных выше случаях были отмечены локальные или системные положительные результаты в смысле появления у обучаемых дополнительной мотивации к учению и повышению уровня обученности. Обнаружены и определённые трудности, выявлена необходимость в развитии методики применения электронных средств образовательного назначения, что также обсуждается в работах [26–27].

Модель процесса компьютеризованного обучения

В педагогической литературе описаны различные модели процесса обучения, в том числе компьютеризованного [9, с. 61–68]. Проведённые нами эксперименты в техническом и педагогическом университетах Перми и обобщение опыта учителей физики Пермского края позволяют уточнить модель обучения в случае использования полнофункциональной предметно-ориентированной среды.

На рис. 9 модель обучения раскрыта на трёх уровнях:

- формы организации учебного процесса;
- виды учебно-познавательной деятельности.

Современная информационно-образовательная среда основана на четырёх источниках информации. Это преподаватель, учебная литература в виде традиционной книги, окружающий мир с его естественными объектами и явлениями (природа) и рукотворными объектами («вторая природа»), а также виртуальная учебная среда. На схеме виртуальная среда детализована на уровне её компонентов, приведённых ранее на рис. 1; эти элементы схемы объединяет пунктирная линия. На других уровнях схемы те блоки, которые в большей или меньшей степени отображаются в виртуальной среде, тоже отмечены пунктирной линией.

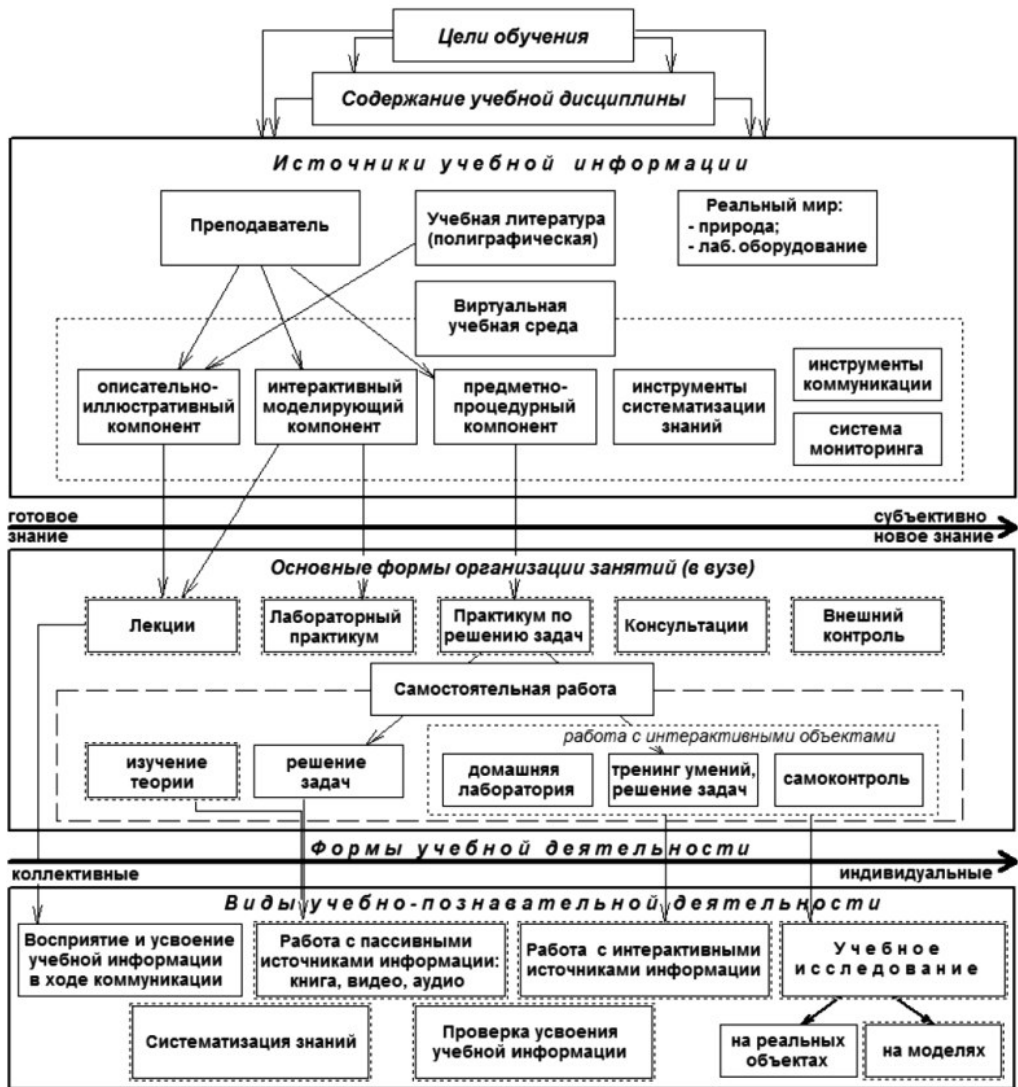


Рис. 9. Информационно-дидактическая модель компьютеризованного обучения

Элементы схемы на разных уровнях связаны друг с другом и находятся в определённом соответствии, которое,

как правило, не является взаимно однозначным. По этой причине невозможно отобразить многочисленные связи



объектов, не перегружая изображение. Поэтому на рис. 9 стрелками указаны не все связи, а только наиболее важные или неочевидные. Более того, объекты разных уровней образуют не пары, а ветвящиеся цепочки, так что даже стрелки не позволяют однозначно отслеживать такие конструкции. Их выделение реализуемо средствами интерактивного плаката, но за неимением такой возможности в статье приведём лишь примеры построения существенных цепочек объектов, представленных на рис. 9.

Пример цепочки, имеющей логическое начало на уровне источников информации: учитель использует предметно-информационный компонент виртуальной среды для обеспечения такой формы организации занятий как лекция, которой среди видов учебно-познавательной деятельности соответствует восприятие и усвоение учебной информации в ходе коммуникации.

Вторую цепочку начнём строить с уровня форм организации занятий: для практикума по решению задач источниками информации могут являться преподаватель, учебная литература и предметно-процедурный компонент виртуальной учебной среды; в ходе самостоятельной работы учащийся может проходить тренинг знаний и умений средствами виртуальной среды (т.е. как вид учебно-познавательной деятельности реализуется работа с интерактивными источниками информации) и решать задачи традиционно, с использованием книги

(вид учебно-познавательной деятельности — работа с пассивными источниками информации); также не исключено восприятие и усвоение учебной информации в ходе коммуникации, например, в режиме консультаций с учителем.

Аналогично — при ещё большей разветвлённости — выглядит цепочка, описывающая взаимосвязи для лабораторного практикума.

По причине неоднозначности формирования цепочек на рисунке упорядочим реализуемые на практике многочисленные формы ИКТ-поддержки учения, исходя из места в этом процессе учителя, который при любой технологии сохраняет за собой функции организатора предметного обучения. Выделим шесть групп таких форм.

1. Фронтальная работа класса под «директивным» воздействием учителя: изложение нового материала:

- в форме лекции;
- в форме проблемной беседы;
- на основе демонстрационного эксперимента (компьютеризованного натурального или имитационного с применением LCD-проектора, интерактивной доски);
- методическое сопровождение фронтального лабораторного эксперимента;
- объяснение технологии решения задач;
- уроки повторения и закрепления учебного материала в форме диалога, при котором источником вопросов является учитель, использующий компьютер;



- сопровождение доклада, подготовленного учащимся (в данном случае замещающим учителя).

В этих случаях пара векторов потока информации направлена по линиям: учитель → → компьютер → ученики и, наоборот, ученики → учитель. Таким образом, взаимодействие учащихся с компьютером представляет собой *опосредованный интерактив*.

2. Фронтальная работа класса при консультационном сопровождении учителя:

- уроки повторения и закрепления учебного материала в форме диалога, при котором источником вопросов является не учитель, а компьютер;
- уроки типа «мозговой штурм» при поиске решения проблемы или выработке схемы решения задач;
- выполнение учащимися многошагового задания или серии связанных заданий.

В этих случаях пара векторов основного потока информации направлена по линии компьютер → ученики и обратно; имеется также вспомогательный канал информационного взаимодействия учитель → ученики и обратно. Взаимодействие учащихся с компьютером представляет собой *истинный интерактив*.

3. Работа в группах при методической поддержке учителя:

- изучение нового материала с использованием обучающего сценария;
- работа с физической установкой, сопряжённой с компьютером, который

обрабатывает и визуализирует результаты эксперимента;

- работа с компьютерной моделью (эксперимент на готовой модели, модельное конструирование, создание новой модели), возможно с элементами соревнования групп;
- решение интерактивных задач или заданий из состава интерактивных тренажёров, возможно с элементами соревнования групп;
- работа с информационными материалами на локальном компьютере или в сети.

Имеется один канал информации: компьютер → ученики и обратно. Взаимодействие в форме *истинного интерактива*.

4. Индивидуальная работа учащихся на аудиторных занятиях:

при методической поддержке учителя:

- изучение нового материала с использованием обучающего сценария;
- тренинги по отработке базовых навыков, необходимых для экспериментального исследования или решения задач;
- решение интерактивных задач в рамках общеклассного или индивидуализированного маршрута;
- работа с другими разновидностями диалоговых систем; *или без поддержки учителя:*
- выполнение проверочных и контрольных работ;
- тестирование.



Информационное взаимодействие осуществляется по типу 3.

5. Самостоятельная индивидуальная или групповая работа учащихся дома или в «компьютерном читальном зале» (компьютерном классе в часы свободного доступа) по заданию учителя. Могут использоваться различные типы ресурсов — информационные (в том числе сетевые) либо демонстрационного, исследовательского или тренажёрно-контролирующего характера. Информационное взаимодействие осуществляется по типу 3.

6. Самостоятельная индивидуальная или групповая работа учащихся в инициативном порядке, в том числе дистанционные формы получения дополнительного образования. В отличие от первых пяти групп форм ИКТ-поддержки учения здесь преподаватель может вовсе не иметь прямого контакта с учащимися. При такой работе могут использоваться ресурсы всех типов, перечисленных в пункте 5, и дополнительно — модульные текстово-графические системы для дистанционного обучения и самообразования.

Существенно, что на основе одного и того же виртуального учебного объекта (или их комплекса) могут быть организованы различные по форме организации учебные занятия. Например, обучающий сценарий может быть использован для проведения лекции, проблемной беседы, группового или индивидуального изучения нового материала

в компьютерном классе или дома. Задания интерактивного тренажёра полезны при объяснении приёмов и способов решения задач, организации «мозгового штурма», групповом или индивидуальном тренинге. Интерактивная модель может выступать в качестве опоры при объяснении нового материала, объекта исследования в рамках лабораторного практикума, результата проектной деятельности. Эти примеры можно продолжать.

Подчеркнём ещё раз, что наиболее важной и полезной особенностью обсуждаемого продукта, отличающей его от большинства разработок, является возможность средствами полнофункциональной виртуальной среды обучения организовывать индивидуальную работу учащихся, причём делать это технологично, без роста трудоёмкости работы учителя.

Возвращаясь к обсуждению рис. 9, отметим, что большая часть элементов модели компьютеризованного обучения отображается в виртуальной среде (отмечены пунктирными линиями). Это означает, что классическая информационно-образовательная среда находится на грани полного поглощения виртуальной средой. При этом стирается отличие между учебными объектами, представленными в материальном и в виртуальном мире: например, становится несущественным, где размещены тексты и изображения — в реальной книге или на экране компьютера. Существенным



атрибутом становится не носитель информации, а технология работы с ней. В работе [9] деятельность с использованием компьютера выделяется в отдельный класс (группу видов учебной деятельности). На наш взгляд, в условиях информационного общества модель обучения и её внутренние классификации следует строить без привязки к материальным носителям информации. Более важен тип информации, способ её обработки, используемая информационная технология. Традиционные технологии обработки информации (чтение, визуальное восприятие, сопоставление, анализ, поиск закономерностей, построение мысленной либо материальной модели, прогнозирование) дополняются технологиями компьютерного моделирования и ведения интерактивного диалога с компьютерными экспертными системами. Таким образом компьютерная система выступает как продолжение человеческого мозга (и, отчасти, рук). Традиционные и новые технологии обработки информации используются при работе с различными видами учебных объектов — текстами, изображениями, видеоматериалами, лабораторными установками, материальными и компьютерными моделями, интерактивными и традиционными заданиями.

Сказанное означает, что (как ни странно это может показаться на первый взгляд) появление и развитие виртуальной составляющей информационно-образовательной среды не влечёт

за собой революционных изменений в методике обучения. Скорее можно говорить о воплощении принципа соответствия: прежняя модель обучения является частным случаем новой. Различные компоненты виртуальной образовательной среды органично (но при необходимости учёта их специфики) встраиваются в структуру традиционных форм организации занятий и видов учебной деятельности, разумеется, если субъекты образовательного процесса достаточно свободно владеют соответствующими информационными технологиями. Принципиальное изменение происходит не на методическом, а на техническом уровне: это возникновение потребности в компьютерной технике и сетевых технологиях.

Итак, новые информационные технологии, прежде всего математическое и компьютерное моделирование, породили новые виды средств обучения, но методика их использования не является принципиально новой. (Сказанное не означает, впрочем, что модернизированной методике преподавателей не нужно обучать.) При сохранении сути обновления формы методики обучения виртуальная среда может существенно повысить её эффективность при условиях:

- 1) системного использования прежде всего высокоинтерактивных ВУО;
- 2) использования ВУО в индивидуальной работе, при различных формах организации занятий, включении их во все виды учебной деятельности.



Заключение

Практика многолетнего использования ИКТ в учебном процессе школы и вуза и анализ полученного опыта позволили сформулировать принципы построения эффективных предметно-ориентированных сред обучения:

- полнофункциональность, способность обеспечивать все фазы обучения на основе сложного состава среды, множественности форм подачи материала;
- ресурсоизбыточность и многоуровневость представления материала на основе модельного подхода и генерации многовариантных заданий;
- реализация деятельностного подхода, формирование не только знаний, но и умений в смысле выполнения манипуляций с оборудованием и решения задач — на основе высокой степени интерактивности;
- наглядность представления реальных объектов (явлений) и абстрактных понятий, визуализация мысли — на основе разнообразия форм представления информации, мультимедийности;
- вариативность представления материала, гибкость системы, открытость для модификаций не только разработчиком, но и пользователем (учителем, учащимся) — на основе модельного и инструментального подхода;
- развитие самостоятельности учащихся, формирование умений создавать

новое знание и навыков принимать решения, что является важным шагом в решении задачи «научить учиться» — на основе модельного подхода;

- обеспечение индивидуализации обучения — на основе модели обучения и модели знаний учащегося, формируемой экспертной системой.

Полнофункциональная компьютеризованная среда обучения позволяет естественным образом реализовать классические принципы дидактики:

- наглядности (за счёт визуализации знания);
- сознательности и активности (за счёт реализации деятельностного подхода);
- целенаправленности (за счёт показа зоны ближайшего развития средствами карт знаний и системы мониторинга);
- доступности (за счёт многоуровневости представления материала на всех этапах обучения, которая обеспечивается ресурсоизбыточностью среды);
- научности (за счёт использования технологий математического моделирования);
- систематичности и последовательности (за счёт использования карт знаний и технологических цепочек ВУО для поддержки занятий в виде «книг»);
- личностно-ориентированного подхода (за счёт вариативности методики и состава ВУО в их технологических цепочках);



- прочности в овладении ЗУН (за счёт реализации цикличности обучения, работы с многовариантными ресурсами);
 - связи теории с практикой (за счёт использования моделей реальных объектов и видов деятельности в реальном мире, заданий на формирование компетенций);
 - интегративного подхода (за счёт множественности форм подачи материала, связи с объектами реального мира, отработки межпредметных связей);
 - развивающего и воспитывающего обучения (за счёт моделирования).
- Современная виртуальная среда обучения не заменяет учебник, задачник, учебную лабораторию (как и самого учителя, но позволяет дополнить возможности традиционных средств обучения богатым визуальным рядом, моделирующей деятельностью, индивидуализированным тренажём и контролем. Благодаря этому обогащаются по сравнению с классической методикой иллюстративная и исследовательская линии процесса учения, автоматизируется его тренировочно-контролирующая линия. Как следствие, по ряду показателей облегчается труд преподавателя при интенсификации и усилении самостоятельности работы учащегося.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гилярова Н.М.* Ключевая роль презентации в лекционном курсе физики // Физическое образование в вузах. — 2012. — Т. 18. — № 2. — С. 45–53.
2. *Калачёв Н.В.* Проблемно-ориентированные физические практикумы в техническом университете. Опыт применения // Физическое образование в вузах. — 2011. — Т. 17. — № 4. — С. 17–23.
3. *Матвеев О.П., Фискин Э.Э.* Использование компьютеризированной установки для проведения учебного исследования по оптике // Физическое образование в вузах. — 2011. — Т.17. — № 2. — С. 90–96.
4. *Назаров А.И.* Возможности программной среды Moodle в реализации принципа модульного обучения // Физическое образование в вузах. — 2011. — Т. 17. — № 4. — С. 86–91.
5. *Третьякова О.Н.* Применение элементов дистанционного обучения в системе дифференцированного обучения студентов технических вузов // Физическое образование в вузах. — 2013. — Т. 19. — № 1. — С. 105–115.
6. *Чирцов А.С., Абутин М.В., Марек В.П., Микушев С.В.* Новые варианты использования информационных и мультимедийных технологий для реализации непрерывного высшего профессионального образования // Физическое образование в вузах. — 2012. — Т. 18. — № 1. — С. 109–125.
7. *Ханнанов Н.К., Варламов Н.В., Чайковский К.Г.* Сравнительный анализ электронных изданий для подготовки к ЕГЭ по физике // Физика в школе. — 2013. — № 1. — С. 8–11.



8. Баяндин Д.В. Виртуальная среда обучения: состав и функции // Высшее образование в России. — 2011. — № 7. — С. 113–118.
9. Оспенникова Е.В. Использование ИКТ в преподавании физики в средней общеобразовательной школе: методическое пособие. — М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. — 655 с.
10. Мухин О.И., Мухин К.О., Полякова О.А. Среда проектирования, технологии обучения и модели знаний // Открытое и дистанционное образование. — 2010. — № 1. — С. 54–58.
11. Роберт И.В. Толкование слов и словосочетаний понятийного аппарата информатизации образования // Информатика и образование. — 2004. — № 5. — С. 22–29; № 6. — С. 63–69.
12. Баяндин Д.В. Мультиплетная структура виртуальной среды обучения и технологизация учебного процесса // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). — 2013. — Т. 16. — № 3. — С. 465–487. http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v16_i3/pdf/4.pdf.
13. Виртуальная физика (ePhysics). Активная обучающая среда для среднего и высшего образования / Д.В. Баяндин, О.И. Мухин и др. — Пермь: РЦИ Пермского ГТУ, 1998–2005. Выпуск на CD.
14. Баяндин Д.В. Структурное представление знаний в электронных средствах образовательного назначения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). — 2014. — Т. 17. — № 2. — С. 388–402. http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v17_i2/pdf/4.pdf.
15. Физика 7–11 классы. Библиотека наглядных пособий [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Федер. агентство по образованию, ГУ РЦ ЭМТО, ООО Дрофа, ЗАО «1С», ЗАО НПКЦ Формоза-Альтаир, РЦИ Пермского ГТУ; под ред. Н.К. Ханнанова. — Электрон. дан. (464 Мб, 480 Мб). — М.: ЗАО «1С», ООО «1С-Пабблишинг», 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»).
16. 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-Пабблишинг», 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»).
17. Физика 7 кл. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ЗАО «1С»; под ред. Н.К. Ханнанова. — Электрон. дан. (490 Мб, 545 Мб). — М.: ЗАО «1С», ООО «1С-Пабблишинг», 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»).
18. Интер@ктивная физика. Система активных обучающихся сред для средней и высшей школы. [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д.В. Баяндин, Н.Н. Медведева, О.И. Мухин [и др.]. — ООО ИИТ. — Электрон. дан. (7,3 Гб, 7,9 Гб). — Пермь: ООО ИИТ, 2012. — 2 электрон. опт. диска (DVD-ROM). Систем. требования: Pentium 1.8 ГГц, HDD 8 Гб; RAM 2 Гб, операционная система: Windows 2000/XP/Vista/7/8.



19. *Баяндин Д.В.* Дидактические аспекты применения интерактивных компьютерных технологий в лабораторном практикуме // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). 2015. Т. 18. № 3. С. 511–533. http://ifets.ieee.org/russian/depository/v18_i3/pdf/13.pdf.
20. *Баяндин Д.В., Медведева Н.Н., Мухин О.И.* Управление учебной деятельностью и её мониторинг на основе тренинговой технологии обучения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). — 2012. — Т. 15. — № 1. — С. 505–524. http://ifets.ieee.org/russian/depository/v15_i1 /pdf/8.pdf.
21. *Еремин Е.А.* Экспериментальная оценка усвоения студентами основных понятий учебного курса // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. — № 8. — Пермь, 2012. — С. 17–26. <http://elibrary.ru/download/28440225.pdf>.
22. *Матрос Д.Ш., Колбин Р.В., Боровская Е.В.* Педагогический мониторинг и дистанционный лицей на основе электронной модели учебного материала // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). — 2004. — Т. 7. — № 2. — С. 213–235. http://ifets.ieee.org/russian/depository/v7_i2/pdf/5.pdf.
23. *Моисеев В.Б.* Представление знаний в интеллектуальных системах // Информатика и образование. — 2003. — № 2. — С. 84–91.
24. *Bayandin D.V., Moukhin O.I.* Mathematical and structural modelling in «Stratum Computer» instrumental software // Proc. 2nd International Conference on Distance Education in Russia ICDED'96. — M., 1996. — Vol. 2. — P. 468–470.
25. *Баяндин Д.В., Мухин О.И.* Структурно-логическая модель школьного курса физики в электронных средствах образовательного назначения // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании. — № 9. — Пермь, 2013. — С. 28–45. <http://elibrary.ru/download/67750680.pdf>.
26. *Баяндин Д.В.* Методика и организация учебного процесса при обучении физике на не-физических специальностях вуза в условиях ФГОС-3 // Вестник Череповецкого государственного университета. — 2013. — Т. 2. — № 2 (48). — С. 84–87.
27. *Баяндин Д.В.* Модульная педагогическая технология и вариант её реализации на основе ресурсоизбыточной среды компьютерной поддержки обучения // Педагогическое образование в России. — 2014. — № 1. — С. 214–220.