

*Абутин Михаил Викторович,
Колинько Константин Павлович,
Чирцов Александр Сергеевич*



КОНЦЕПЦИЯ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕАЛЬНОМ УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ЭЛЕКТРОННЫХ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СБОРНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

1. ВВЕДЕНИЕ

Еще недавно велись весьма острые споры по поводу целесообразности применения компьютеров и Интернет в предметном образовании [1]. Преподаватели информатики, распорядившись компьютерными классами, не очень охотно допускали туда преподавателей других дисциплин, а те, в свою очередь, не слишком стремились к использованию новых возможностей в своих уроках, считая компьютеризацию не более, чем очередной кампанией, от которой со временем не останется ничего, кроме воспоминаний. Новое тысячелетие пришло к нам под знаменем активного проникновения компьютерных и телекоммуникационных технологий практически во все сферы современной жизни. В результате ставший риторическим вопрос о целесообразности использования электронных средств в образовании сменился гораздо более сложным вопросом о путях разумного и эффективного применения новых возможностей в обучении. После прохождения нескольких кампаний компьютеризации в образовании (всеобщего обучения программированию, гло-

бального оснащения компьютерной техникой учебных заведений, всеобщего написания компьютерных обучающих программ, глобального оснащения учебных заведений сетевой и телекоммуникационной техникой, создания единой сети образовательных сайтов, порталов и т. д.) ажиотажный интерес к данной области деятельности начал постепенно угасать. При этом чересчур радужные прогнозы ряда сторонников полной компьютеризации образования, состоящей в скорейшей замене преподавателей и проводимых ими за-



...острые споры по поводу целесообразности применения компьютеров и Интернет в предметном образовании.

ятий (а порой и учащихся!) их виртуальными аналогами постепенно стали утрачивать свою пугающую привлекательность для вложения средств в подобную деятельность. В результате соответствующая часть образовательного пространства постепенно начала освобождаться для систематической деятельности, направленной не на информатизацию как таковую, а на использование ее возможностей в интересах обучения.



...возможность хотя бы частичной индивидуальной настройки дизайна электронного учебного пособия.

Наша концепция использования электронных средств в преподавании физики была сформулирована еще в 90-е годы, в период появления первых общедоступных персональных компьютеров, параметры которых обеспечивали возможность накопления информации в объемах, достаточных для создания курсов [2]. В ее основу была положена идея о том, что на современном этапе компьютерные средства обучения должны рассматриваться не как альтернатива традиционным, а как разумное дополнение к ним. Использование компьютеров в образовании оправдано только в тех случаях, когда оно предоставляет преподавателям новые возможности в осуществлении их педагогической деятельности или имеет неоспоримые преимущества перед зарекомендовавшими себя формами обучения. В указанный период в рамках сформулированной нами концепции возможности персональных компьютеров делали наиболее привлекательным создание компьютерных моделей изучаемых явлений с целью их использования как в лекционных демонстрациях, так и для самостоятельной работы учащихся. Среди быстро увеличивающегося числа не слишком удачных первых отечественных попыток применения компьютеров для обучения физике в 90-е годы выгодно выделялись оригинальные разработки, основу которых составляло компьютерное моделирование [3, 4, 5]. На основе их анализа

и первого опыта использования в обучении нами было признано целесообразным стремление к максимальной интерактивности моделей, позволяющей пользователю легко изменять не только начальные параметры моделируемой на компьютере физической системы, но и редактировать ее качественный состав, добавляя в систему новые объекты или переопределяя их свойства. Немаловажным с точки зрения привлекательности для пользователей (главным образом, преподавателей) представлялась возможность хотя бы частичной индивидуальной настройки дизайна электронного учебного пособия. Получивший в конце 90-х годов широкое распространение стиль объектно-ориентированного программирования прекрасно отвечал сформулированным задачам. В результате был создан макет многоцелевого электронного учебника, посвященный одному из наиболее выигрышных с точки зрения сформулированной концепции разделов физики — движению классических и релятивистских частиц в постоянных электрических и магнитных полях [6]. Программная оболочка учебника была написана на языке C++ и предназначена для работы в операционной системе DOS.

В дальнейшем предметная область применения первого варианта нашего электронного учебника была расширена добавлением представляющих интерес для изучаемой на школьном уровне физики модулей, посвященных движению нерелятивистских частиц в однородных гравитационных полях и движению тел при наличии сил вязкого трения [7].

Аналогичная идеология создания интерактивных программ-конструкторов физических моделей была использована при разработке пакета учебно-моделирующих программ по геометрической оптике [8]. В отличие от традиционного подхода

да, основанного на использовании изучаемого в школьном курсе физики параксиального приближения, в разработанной оригинальной версии интерактивного лучепостроителя использовались точные законы преломления и отражения света на границах разделов оптических сред. Программа до сих пор нами используется и позволяет легко моделировать практически все оптические системы и эффекты геометрической оптики, изучаемые в школе: от законов распространения света до центрированных оптических систем любой сложности. Точный учет законов преломления и отражения лучей позволяет демонстрировать лишь вскользь упоминаемый в среднеобразовательных курсах широчайший круг явлений, связанных с аберрациями оптических систем. Кроме того, программа допускает моделирование процессов прохождения широких световых пучков через весьма сложные оптические системы, содержащие отражающие и преломляющие поверхности второго порядка, среды с переменным показателем преломления. Определенный практический интерес представляет возможность использования программы для анализа устойчивости открытых лазерных резонаторов различной конфигурации, кольцевых лазеров, широкоугольных объективов.

Реализованная на базе объектно-ориентированного языка C++ программа первоначально предназначалась для работы в операционной системе WINDOWS. Однако начавший приобретать популярность в середине 90-х годов язык HTML оказался весьма привлекательным для написания гипертекстовой оболочки для посвященных оптике модулей электронного учебника. В этой связи возникла проблема интеграции исполняемых exe-файлов в HTML-страницы. В результате была создана оригинальная программа браузера, который, помимо традиционных для Internet Explorer функций, обеспечивал возможность запуска исполняемых файлов с машины пользователя. В то же вре-

мя бурное развитие Интернет-технологий поставило вопрос об использовании созданных электронных конструкторов в сетевом варианте.

Использование созданных электронных учебников первого поколения встретило ряд трудностей методического и организационного характера. В 90-е годы наиболее доступными для учащихся были компьютеры, сосредоточенные в дисплейных классах, уровень пользовательских навыков учащихся (и школьников, и студентов) различался в весьма широких пределах: от его полного отсутствия до почти профессионального владения очень узкими областями применения компьютеров, позволяющего сравнительно легко создавать аварийные ситуации в локальных сетях. При этом практически единственной формой использования электронных учебников оказалось проведение практических занятий в дисплейных классах с числом рабочих станций в 2–3 раза меньшим минимальной численности учебной группы, посещающей занятия по физике. Совершенно очевидно, что организация сколько-нибудь серьезной индивидуальной работы с электронными образовательными ресурсами в таких условиях представляла собой почти нереальную задачу. Одной из известных нам наиболее удачных попыток ее решения явилась организация в рамках традиционно осуществляемого в малых учебных группах физического практикума блока виртуальных лабораторных работ, выполняемых на компьютере [9]. В ходе таких работ учащиеся получали задания на



*...уровень пользовательских навыков учащихся ...
различался в весьма широких пределах...*

выполнение небольшой исследовательской работы, состоящей из планирования, проведения и анализа результатов численного эксперимента, выполняемого на компьютере с помощью уже готовой моделирующей программы. Подобные работы до настоящего времени выполняются студентами физического факультета СПбГУ и одной группы интенсивного обучения СПбГУ ИТМО. По имеющимся у нас данным отношение студентов к такого рода занятиям весьма близко к привычному для классического лабораторного практикума: наиболее сильная часть (около 30%) самостоятельно выполняют поставленные задания, занимаясь активным освоением материала, остальные повторяют выработанную на классическом лабораторном практикуме методику списывания отчетов выполненных первой третью работ. При этом новой, по сравнению с классическим практикумом, формой деятельности студентов (выполняемой ими с явным энтузиазмом) является поиск задаваемых в компьютерном эксперименте условий, приводящих к заведомо абсурдным физическим результатам.



...поиск задаваемых в компьютерном эксперименте условий, приводящих к заведомо абсурдным физическим результатам.

Такого рода деятельность, без сомнения, приносит определенную пользу для освоения физики, но не может рассматриваться как основа для обучения.

Предпринимаемые нашим авторским коллективом попытки использования компьютерных моделей в реальном учебном процессе главным образом сводились к иллюстрациям лекционного материала. Чтение лекций в условиях дисплейного класса, предоставляющего аудитории весьма разнообразные дополнительные условия для далеких от основного предмета занятий, продемонстрировало их меньшую эффективность по сравнению с организуемыми в традиционных аудиториях занятиями. Ситуация усугублялась тем, что объединенные в 10 групп по 2–3 человека студенты, как правило, оказывались не-

способными отыскать в электронном оглавлении указанную лектором компьютерную модель и корректно ее запустить. Все же попытки переговоров с системными администраторами о временном переводе рабочих станций в режим пассивного дублирования содержания дисплея преподавательского компьютера приводили к беспредметным дискуссиям о правах и свободах пользователей, что, скорее всего, свидетельствовало не столько о нежелании, сколько о неспособности системщиков выполнить по-

ставленную задачу.

Более удачным может быть признан первый опыт чтения лекций с использованием начавших появляться в середине 90-х годов мультимедийных проекторов. В таких занятиях использование компьютерных моделей превращалось не в самоцель, а, как это и должно быть, в один из способов изложения ограниченной части материала, используемых наряду с традиционными. Однако организация каждой подобной лекции требовала подготовки, обычно более длительной, по сравнению с самим занятием. В качестве обязательного элемента такой подготовки выступали трехсторонние переговоры между лектором, Системным Администратором дисплейного класса с подлежащим временно извлечению компьютером и Хранителем Ключа от содержащего проектор сейфа о месте, времени и целесообразности проведения мероприятия. Высокая стоимость обладающих весьма ограниченным сроком работы ламп проектора, как правило, превращала лектора в личного врага Хранителя Ключа. Если к сказанному добавить проблемы, связанные с состыковкой проектора, компьютера и моделирующей программы, которую по понятным причинам приходилось осуществлять в реальном времени лекции под не лишенным подозрительности наблюдением Системного Ад-

министратора и Хранителя Ключа, то становится понятным, почему чтение такой лекции становилось Событием как для лектора, так и для учебного учреждения, в котором такая лекция читалась. Справедливости ради нужно отметить, что в дни, к сожалению, редких посещений ряда учебных заведений Комиссиями по проверке хода компьютеризации ситуация с мультимедийными лекциями коренным образом изменялась вплоть до временных изменений не только расписаний занятий, но и программ курсов по физике, обеспечивающих возможность присутствия Комиссии на читаемой с компьютерной поддержкой лекции. Все перечисленные трудности роста носили, по-видимому, неизбежный, но временный характер и постепенно начали исчезать по мере того, как использование компьютеров в России начало превращаться из привлекательной экзотики в повседневную привычку.

Практически совпавший с началом нового тысячелетия лавинообразный прогресс сетевых и мультимедийных технологий предопределил переход к использованию новых сред разработки электронных образовательных ресурсов. Несмотря на всю привлекательность использования профессионально изготовленных сред разработчиков компьютерных учебников, нами был выбран путь создания собственных программных модулей на базе стандарта HTML, интерпретатора Java-Script и объектно-ориентированного языка Java. Такой выбор объяснялся желанием иметь полную свободу в выборе соответствующих специфике изучаемого вопроса компоновок материала и сценариев оригинальных компьютерных моделей. При этом формат HTML-страниц допускал легкую интеграцию в них практически всех типов мультимедийных ресурсов [10].

Нами была разработана базовая концепция серии электронных мультимедийных сборников, представляющих собой своеобразные библиотеки оригинальных образовательных ресурсов различного уровня сложности, выполненных в различных средах мультимедиа [11]. Первоначальное

рабочее название серии «Увлекательная физика» ассоциировалось с популярными изданиями для учащихся средней школы и не соответствовало уровню существенной части материалов, рассчитанных на подготовку к профессиональному овладению предметом. В этой связи было выбрано новое название «Физика: модель, эксперимент, реальность», в большей степени соответствующее идее и содержанию задуманной серии. Каждый ее том предполагалось посвящать одному относительно обособленному разделу физики. Сборники серии допускают два варианта их использования: индивидуальный (запускается на персональном компьютере с не требующего инсталляции CD-диска) и коллективный (предназначен для коллективных и удаленных пользователей, имеющих доступ к компьютерным сетям с большой пропускной способностью).

Первый том, посвященный рассмотрению вопросов, связанных с феноменом гравитации, был издан в 2001 году под названием «Гравитация: развитие взглядов от И. Ньютона до А. Эйнштейна» [12]. Следующий том серии электронных сборников посвящен вопросам классической электродинамики, имеет носящее проблемный характер рабочее название «Электрические и магнитные поля: удобная теоретическая модель или физическая реальность?» и подготовлен к изданию [13]. В настоящее время ведутся работы по созданию оригинальных информационных ресурсов к третьему тому, посвященному оптике [14].

Как отмечалось, создаваемая серия главным образом предназначена для поддержки работы преподавателей и не ориентирована на какую-либо конкретную группу учащихся. Тем не менее, содержащиеся в каждом ее сборнике ресурсы позволяют достаточно оперативно скомпоновать электронное пособие, ориентированное на учащихся конкретной группы. Такая работа по существу сводится к написанию объединяющих ресурсы учебных текстов, адаптированных под конкретную задачу, и требует существенно меньших

затрат, по сравнению с работами по созданию самих оригинальных мультимедийных ресурсов. В 2003 году наш авторский коллектив получил заказ от Национального Фонда Подготовки Кадров на создание адаптированной к школьному курсу физики версии первого тома серии. Выполнение соответствующей работы заняло пять месяцев, в течение которых имеющиеся мультимедийные материалы были дополнены новыми модулями, посвященными изучаемым в средней школе темам: «Равноускоренное движение», «Элементы баллистики», «Законы классической динамики», «Закон сохранения энергии». Были подготовлены учебные тексты, ориентированные на различный уровень начальной подготовки учащихся и различную глубину освоения имеющегося в сборнике материала. На базе созданной оригинальной программной оболочки обучающего интерактивного тестирования разработан сборник контрольных вопросов по материалам электронного тома. Подготовлены методические рекомендации для преподавателей по использованию имеющихся в сборнике мультимедийных ресурсов и организации занятий по всем 11 темам сборника. Эти рекомендации сегодня кажутся необходимыми, поскольку существенное и быстрое изменение ситуации в области информационных технологий требует соответствующих изменений в концепциях использования этих технологий в образовании.

Быстрое распространение и удешевление компьютерной техники в начале нового столетия снизило остроту проблем применения электронных обучающих средств. Появление персональных компьютеров у подавляющего большинства учащихся, специализирующихся в области точных наук, и существенное расширение парка компьютеров учебных заведений позволило поставить вопрос о замене ранее организуемой в группах работы в режиме ди-

алога с электронными учебниками индивидуальной работой на домашнем компьютере или в классе свободного доступа. Коллективные работы виртуального физического практикума постепенно начали заменяться индивидуальными заданиями для самостоятельных курсовых работ. Последнее стало возможным благодаря существенным положительным изменениям, произошедшим не только в уровне компьютерной подготовки учащейся молодежи, но и в ее отношении к работе с использованием компьютерных и информационных технологий. Сегодня отчетливо наблюдается утрата отношения к умению работать в указанной области как к весьма характерному для 80-90-х годов признаку элитарности личности. Коренным образом изменились и условия организации лекционных занятий с использованием компьютерной поддержки. Оснащенные мультимедийным оборудованием аудитории перестают быть редкостью в учебных заведениях. Одновременно с этим потребность в таких аудиториях начинает падать. Появление имеющих беспроводной доступ к Интернет портативных компьютеров и компактных мультимедийных проекторов, допускающих размещение обоих устройств в портфеле средних размеров, открывает перед преподавателями реальные перспективы организации мультимедийных лекций

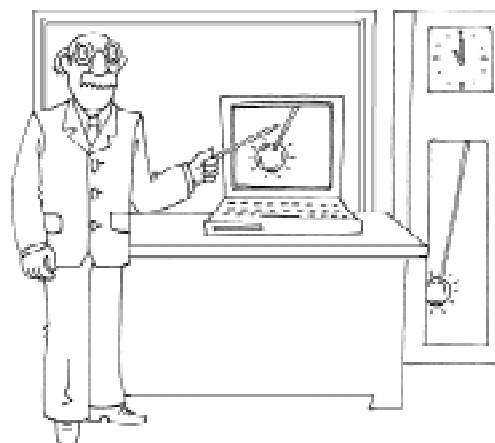


Появление имеющих беспроводной доступ к Интернет портативных компьютеров ..., допускающих размещение обоих устройств в портфеле средних размеров...

без какого-либо участия Системных Администраторов, Хранителей Ключей от сейфов и прочей элиты мира цифровых технологий. Организация компьютерных демонстраций на лекциях и уроках сегодня упростилась настолько, что даже при наличии всего необходимого для реального опыта оборудования иногда возникает соблазн сэкономить время на лекции и разгрузить лаборанта, заменив реальный эксперимент его численной моделью или видеозаписью.

Сегодня созданные нами мультимедийные учебные ресурсы используются на физическом факультете СПбГУ и в СПбГУ ИТМО при чтении лекций по механике, классической электродинамике и оптике для студентов младших курсов. Наша продукция нашла применение для поддержки чтения курса «Концепции современного естествознания» на гуманитарных факультетах СПбГУ, факультете повышения квалификации преподавателей СПбГУ, в Международном Институте Менеджмента [15]. Те же самые ресурсы теперь широко используются при чтении послужившего основой для их создания цикла лекций «Школьникам о современной физике», для проведения лекционных занятий по экспериментальной образовательной программе «Физика и компьютер», реализуемой в специализированном классе физико-математического лица № 30 [16–18]. Входящие в состав сборника интерактивные моделирующие программы составляют основу значительного числа курсовых работ по физике, предлагаемых в бакалавриате нового развиваемого в СПбГУ направления «Прикладные математика и физика» [19]. Сокращенная Интернет-версия сборника с допускающими удаленный доступ интерактивными Java-апплетами, иллюстрирующими основные физические идеи сборника, используются при организации удаленного обучения с целью подготовки абитуриентов к поступлению на физический факультет [20].

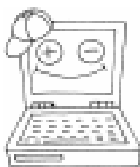
Указанные изменения существенно подняли планку требований не только к качеству производства обучающей электронной продукции, но и к ее фактическому наполнению предметным содержанием. Создателям обучающих ресурсов теперь трудно конкурировать в области оформления с общедоступными Интернет-ресурсами иного, далекого от обучения содержания. Сопровождаемая компьютерными демонстрациями лекция перестала быть привлекательной только из-за того, что на ней можно увидеть работающее дорогостоящее оборудование. Компьютерная же



Компьютерная же симуляция легко воспроизводимого на демонстрационном опыте явления природы ... все чаще вызывает вопросы...

симуляция легко воспроизводимого на демонстрационном опыте явления природы (например, колебаний маятника) все чаще вызывает вопросы не только преподавателей, но и аудитории слушателей о целесообразности подобной подмены. В этой связи становится актуальным вопрос о методической целесообразности использования тех или иных мультимедийных и Интернет-ресурсов в учебных целях.

Вопросы оправданного использования новых возможностей, предоставляемых образованию информационными и цифровыми технологиями, рассматривались нашей группой при разработке электронных обучающих средств как первого, так и второго поколений [21–23]. Основу нашего подхода составляет признание необходимости использования компьютерных и информационных технологий в образовании не в качестве самоцели его информатизации, а лишь в тех случаях, когда это дает новые по сравнению с традиционными формами обучения возможности и эти возможности действительно способствуют обеспечению высококвалифицированного и качественного обучения. С указанной точки зрения на сегодняшний день наибольший интерес для преподавания физики представляют численное моделирование физических процессов и видеозаписи реальных явлений природы и экспериментов.



2. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

Накопленный опыт использования численного моделирования при обучении физике позволяет выделить следующий набор педагогических задач, при решении которых компьютерные симуляции имеют явные преимущества перед традиционным аналитическим рассмотрением, иллюстрируемым демонстрационными экспериментами и лабораторным практикумом:

- Демонстрация физических явлений, трудно воспроизводимых в реальном демонстрационном или лабораторном эксперименте (движение спутника в гравитационном поле двойной звезды, поведение заряженной частицы в электромагнитном поле заданной конфигурации и т. д.).
- Наглядное сравнение результатов, получаемых в рамках различных теоретических моделей (визуальное сравнение движения частиц в силовых полях, рассчитываемое в рамках классической и релятивистской механики; демонстрация дополнительных эффектов, возникающих при учете сил радиационного трения и т. д.).

- Замена дорогостоящего или опасного в обращении экспериментального оборудования компьютерными тренажерами, дающими учащимся право на ошибку и неквалифицированное обращение на первых этапах получения навыков экспериментальной работы (выбор режима работы ускорителя, компьютерное тестирование разработанной учащимся электронной схемы и т. д.).

- Вовлечение учащихся в процесс активного освоения нового материала в результате самостоятельного планирования и выполнения виртуальных компьютерных экспериментов.

- Демонстрация поэтапного приближения теоретической модели явления к реально наблюдаемому на эксперименте путем включения в рассмотрение побочных явлений и взаимодействий, неизбежно присутствующих в реальном эксперименте (например, анализ поведения электронного пучка в ускорителе: простейшее классическое описание движения частицы в скрещенных магнитном и переменном электрическом полях, учет релятивистских эффектов, учет потерь на излучение, учет взаимодействий между ускоряемыми зарядами и т. д.).

- Визуализация сложных или принципиально не получаемых в аналитическом виде решений нелинейных уравнений, моделирование поведения ансамблей из большого числа частиц в молекулярной физике, численное решение задачи многих тел в астрономии.
- Визуализация принципиально ненаблюдаемых на эксперименте явлений (например, движение заряженной частицы в поле магнитного монополя).
- Возможность демонстрации основных идей теоретического описания явлений для аудитории учащихся, не обладающих достаточной математической подготовкой для их восприятия в традиционном для физики математизированном изложении.

- Некоторые парадоксальные и шуточные компьютерные эксперименты.

По поводу целесообразности использования компьютерного моделирования в изучении физики до сих пор идут и будут идти весьма острые дискуссии. Сторонники традиционных реальных физических экспериментов совершенно справедливо категорически выступают против попыток подмены реальных физических экспериментов виртуальными. Такая замена привела бы к потере возможностей получения принципиально новых естественнонаучных знаний, еще не сформулированных в виде те-

оретической модели явления к реально наблюдаемому на эксперименте путем включения в рассмотрение побочных явлений и взаимодействий, неизбежно присутствующих в реальном эксперименте (например, анализ поведения электронного пучка в ускорителе: простейшее классическое описание движения частицы в скрещенных магнитном и переменном электрическом полях, учет релятивистских эффектов, учет потерь на излучение, учет взаимодействий между ускоряемыми зарядами и т. д.).

Визуализация сложных или принципиально не получаемых в аналитическом виде решений нелинейных уравнений, моделирование поведения ансамблей из большого числа частиц в молекулярной физике, численное решение задачи многих тел в астрономии.

Визуализация принципиально ненаблюдаемых на эксперименте явлений (например, движение заряженной частицы в поле магнитного монополя).

Возможность демонстрации основных идей теоретического описания явлений для аудитории учащихся, не обладающих достаточной математической подготовкой для их восприятия в традиционном для физики математизированном изложении.

- Некоторые парадоксальные и шуточные компьютерные эксперименты.



Некоторые парадоксальные и шуточные компьютерные эксперименты...

орий и, следовательно, не закладываемых в исходную модель компьютерного эксперимента. Однако полное отрицание пользы компьютерного эксперимента едва ли может выглядеть разумным: он весьма удобен при поиске внутренних противоречий теорий, получении не носящих фундаментального характера, но требующих трудоемких расчетов следствий, анализе коллективных явлений и во многих других областях теоретической деятельности, где ограниченные возможности традиционной



Понимая «частицу», подчиняющуюся ... законам динамики, в модель могут быть введены дополнительные сходные с «частицами» объекты...

математики сдерживают развитие физики. Интенсивное проникновение компьютерных технологий в теоретическую, экспериментальную и особенно — прикладную физику обуславливает необходимость обучения методам их использования в исследованиях. Компьютерные демонстрации на лекциях и виртуальные физические лаборатории следует рассматривать как первый этап этого обучения. В этой связи компьютерное моделирование если и может рассматриваться в качестве альтернативы традиционным формам обучения физике, то не «живым» физическим экспериментам, а скорее как альтернатива выполнению аналитических выкладок при помощи вечно крошащегося мела на традиционной аудиторной доске с традиционно плохо стертыми выкладками, оставшимися после предыдущей лекции.

Использованная в сборнике оригинальная моделирующая программная оболочка «Физический конструктор» подробно описана в [24] и представляет собой интерактивный Java-апплет, осуществляющий моделирование движения классических и релятивистских частиц во внешних силовых полях, произвольным образом зависящих от координат и времени. Построенная на принципах объектно-ориентированного программирования моделирующая

программа по сути является циклом из диалогов между объектами трех типов, моделирующих физические поля, частицы и окна отображения результатов моделирования. Простейшая схема такого взаимодействия состоит в запросах и получении «частицами» информации от «внешних полей» о состоянии последних в точках нахождения частиц и интегрировании «частицей» уравнения своего движения

$$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = \mathbf{F}_{i\Sigma}(\mathbf{r}_i, \mathbf{v}_i, t),$$

где $\mathbf{F}_{i\Sigma}$ — суммарная сила, действующая на частицу с номером i со стороны поля. Импульс рассматриваемой частицы \mathbf{p}_i в зависимости от задачи может вычисляться как в классическом приближении

$$\mathbf{p} = m_0 \mathbf{v},$$

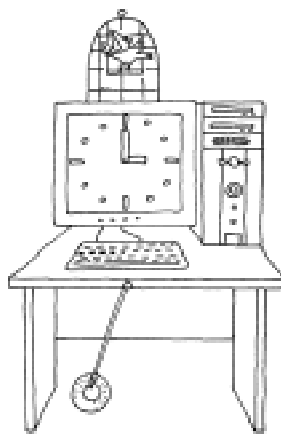
так и в соответствии с известным соотношением релятивистской механики

$$\mathbf{p} = \frac{m_0 \mathbf{v}}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}.$$

После выполнения очередного шага интегрирования, осуществляемого по методу Рунге-Кутты четвертого порядка, «частицы» передают окнам отображения результатов моделирования запрашиваемой информации о своем новом состоянии, в результате чего на экране воспроизводится эволюция во времени моделируемой физической системы. В рамках указанного подхода реализовано два способа учета взаимодействий между объектами. Первый, в общих чертах соответствующий идеологии близкодействия в классической физике, состоит в передаче информации о положении и состоянии «частиц» объектам типа «поле», в результате чего последние получают возможность скорректировать свою пространственно-временную конфи-

гурацию, тем самым учитывая искажения, вносимые включенными в модель источниками — самими движущимися частицами. Второй способ, более экономичный с точки зрения вычислений в случае небольшого числа взаимодействующих объектов, состоит в организации обмена информацией между «частицами» об их взаимном расположении и скоростях относительного движения, на основании которой непосредственно вычисляются добавочные силы, возникающие в результате парных взаимодействий. Указанный способ используется в случаях, когда необходимо наложить дополнительные жесткие или упругие связи между частицами или включить в модель системы возможность упругих и неупругих столкновений, а также — парные взаимодействия, отличающиеся от стандартно учитываемых гравитационных и электромагнитных.

Помимо «частиц», подчиняющихся установленным в моделируемой системе законам динамики, в модель могут быть введены дополнительные сходные с «час-



... приводит к реальной угрозе создания или физически бессмысленных моделей...

тицами» объекты, положения или скорости которых изменяются в соответствии с изначально заданными зависимостями от времени. Объекты указанного типа не испытывают воздействий со стороны моделируемой системы, но при необходимости могут служить источниками взаимодействий. Наличие таких объектов оказывается весьма полезным для введения в моделируемую систему различных опор, активных и управляемых объектов, а также визуально наблюдаемых аналитических решений задач, поведение которых иногда заметно отличается от движения «реальных частиц» моделируемой системы.

Результаты численного моделирования отображаются в окнах трехмерной анимации и двумерной графики. Последние позволяют получать зависимости от времени всевозможных кинематических и динамических параметров движущихся частиц, а также зависимости этих параметров друг от друга.

Программа «Физический конструктор» имеет весьма развитый интерфейс редактирования исходных состояний моделируемой системы, допускающий не только редактирование параметров входящих в систему полей и частиц, но и качественные изменения самой системы, осуществляемые путем исключения или добавления в нее новых объектов. По умолчанию, вновь создаваемые объекты не участвуют в парных взаимодействиях с уже существующими «частицами», но испытывают воздействие сил, обусловленных всеми введенными в модель полями. Предоставление пользователю широких возможностей редактирования моделируемых систем приводит к реальной угрозе создания ими физически бессмысленных моделей. В программу «Физический конструктор» умышленно не включены никакие средства контроля соответствия создаваемых пользователем моделей реальным физическим ситуациям. Отсутствие такого контроля по-

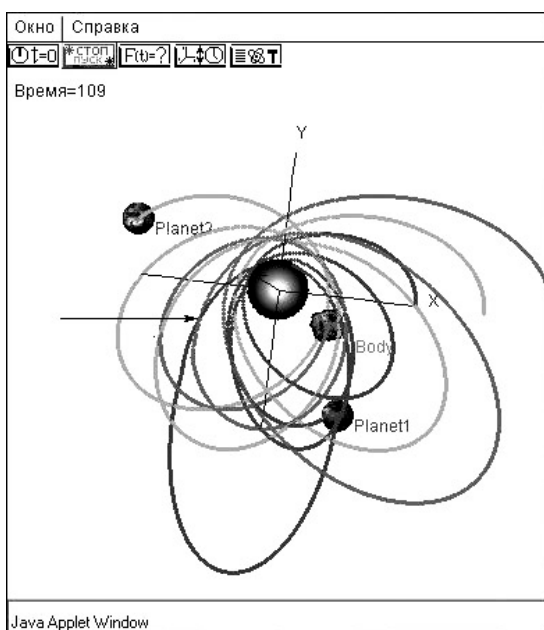


Рисунок 1.

зволяет моделировать системы с заведомо искаженными физическими свойствами.

Изучение таких «нереальных» систем представляет определенный мировоззренческий интерес с точки зрения достаточно часто поднимаемого сегодня вопроса о причинах существования весьма сильных ограничений на вид физических законов, обеспечивающих относительную стабильность нашего мира. Примером может служить закон всемирного тяготения, согласно которому силы гравитационного взаимодействия двух точечных тел убывают обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. При отклонении от закона обратных квадратов орбиты невзаимодействующих друг с другом спутников, движущихся в поле притягивающего центра, перестают быть замкнутыми эллипсами, что существенно увеличивает вероятность столкновений между ними (рисунок 1). Другим типом оправданных с практической точки зрения симуляций поведения физически нереальных систем являются модели, соответствующие сюжетам получивших в настоящее время некоторую популярность олимпиадных задач, условия которых на первый взгляд заведомо искажают действительность. В качестве примера можно привести анализ движения тела у поверхности «Косогравии» – планеты, вблизи которой ускорение свободного падения составляет с поверхностью угол, отличный от прямого (рисунок 2). При всей кажущейся бессмысленности задачи, ее решение вполне применимо к реальной ситуации: именно таким образом движется тело, совершающее отскоки от наклонной плоскости.

Наконец, задача создания универсального алгоритма контроля правильности физических моделей скорее всего не может быть решена по причинам, носящим принципиальный характер. Любая используемая современной физикой теоретическая модель сознательно вводится для упрощенного описания действительности с целью сделать его доступным для математического анализа или компьютерного моделирования. В результате используемые

в естествознании модели по своей природе не могут быть абсолютно правильными, а являются лишь приближениями к действительности.

Совершенно очевидно, что предлагаемая авторами сборника коллекция компьютерных моделей не сможет удовлетворить требованиям большинства опытных преподавателей, практически каждый из которых имеет свою собственную точку зрения относительно оптимального набора компьютерных демонстраций, их сценариев и дизайна. В этой связи программа «Физический конструктор» изначально строилась открытой для оригинальных разработок новых компьютерных экспериментов, создаваемых самим пользователем. С этой целью был разработан язык описания начальных состояний моделируемой системы и законов, определяющих взаимодействия между составляющими ее объектами. В результате создание новой компьютерной модели сводится к написанию весьма компактного текстового файла, описывающего конфигурацию системы. Его структура настолько проста, что

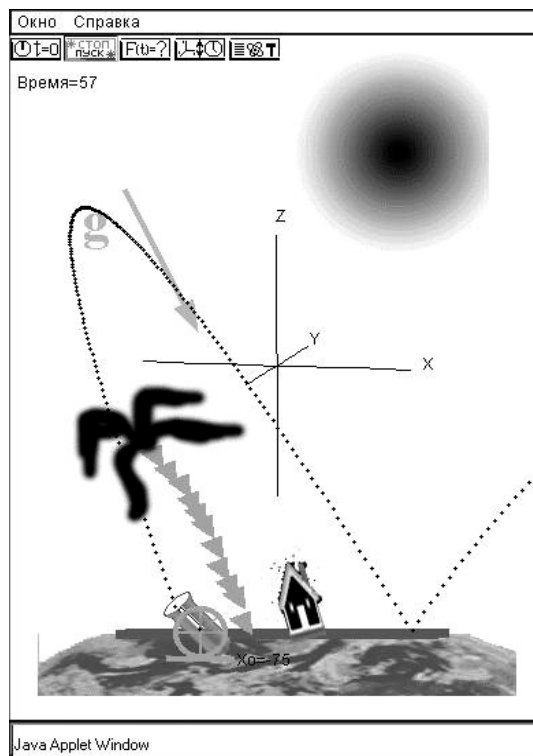


Рисунок 2.

вполне допускает построение новой компьютерной модели совершенно неподготовленным пользователем «по аналогии» с уже содержащимися в библиотеке компьютерных моделей. Кроме того, новая компьютерная модель может быть разработана при помощи диалоговых окон редакторов моделируемой системы, свойств объектов и окон отображения с последующим сохранением конфигурационного файла с помощью специального сервисного программного модуля разработчика демонстраций.



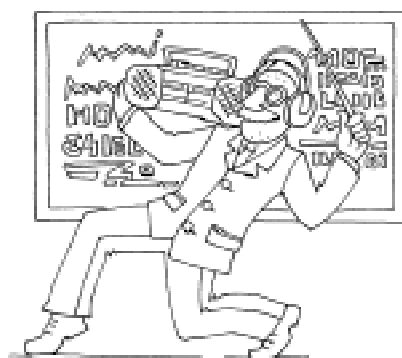
3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АУДИОФРАГМЕНТОВ РЕАЛЬНЫХ ЛЕКЦИЙ И ВИДЕОЗАПИСЕЙ РЕАЛЬНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИРОДЫ ФИЗИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Стремительное развитие мультимедийных технологий существенно увеличило число вариантов оправданного использования компьютеров в образовании. К таким новым возможностям следует отнести средства создания аудиотреков с фрагментами реально читаемых лекций, сопровождаемых синхронным показом математических формул, рисунков и сравнительно простых компьютерных анимаций. Даже в случае отсутствия видеосопровождения звуковая форма подачи материала, как правило, существенно отличается от текстовой большей эмоциональной насыщенностью, краткостью и конкретностью (разумеется, если лектор имеет высокую квалификацию и занимается импровизацией, а не читает заранее подготовленного текста).

Другой, весьма важной, хотя и наиболее спорной для преподавателей формой компьютерных образовательных ресурсов, ставшей доступной сегодня для широкого числа пользователей, являются

ся коллекции кратких видеофрагментов, содержащих записи реальных физических экспериментов и явлений природы, иллюстрирующих изучаемый теоретический материал. Вне всякого сомнения, изучение любой экспериментальной науки требует знакомства учащихся с весьма обширным набором экспериментальных фактов, лежащих в ее основании. Если большинство фундаментальных законов классической и нерелятивистской квантовой физики может быть проиллюстрировано на сравнительно простых экспериментах, допускающих повторение в условиях лекционных демонстраций или лабораторных практикумов, то современные физические эксперименты зачастую требуют использования столь дорогостоящего экспериментального оборудования и настолько сложных методик, что их воспроизведение в учебных целях превращается в заведомо бесперспективную задачу. Именно в таких ситуациях демонстрации видеозаписей реально функционирующих уникальных установок представляются полезными как для лиц, готовящихся к профессиональной деятельности в физике, так и для тех, кто стремится получить сколько-нибудь адекватное представление о современном состоянии этой дисциплины. Кроме рассмотренной ситуации, представляется разумным использование обучающих видеоклипов для решения следующих учебных задач:

- Демонстрация явлений природы, не воспроизводимых в аудиторных условиях (затмение Солнца, полярные сияния).
- Показ сложных демонстрационных экспериментов, требующих серьезной подготовки и, следовательно, трудно осуществимых в условиях образовательных учреждений широкого профиля (демонстрация доменов, опыты со сверхнизкими температурами).
- Сопоставление в реальном времени компьютерных моделей с экспериментами.



...средства создания аудиотреков с фрагментами реально читаемых лекций...

- Пропаганда идей новых оригинальных демонстрационных экспериментов, пока не получивших широкого распространения в коллекциях учебных демонстраций.

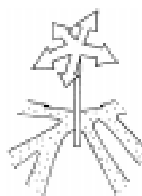
- Демонстрация неожиданных примеров использования физических явлений в повседневной жизни, технике, искусстве и т. д. (рисунки 3).

Было признано целесообразным создание небольших (продолжительностью не более 5 минут) видеофрагментов, посвященных какому-либо одному явлению природы или физическому эксперименту в формате *.mpg1. Каждый видеофрагмент сопровождается достаточно кратким аудиокомментарием, фиксирующим внимание зрителя на особенностях наблюдаемого явления или техники постановки эксперимента. При этом в сопровождающем видеофрагмент тексте не обсуждается физическая интерпретация наблюдаемого явления: соответствующий текст трудно сделать кратким по длительности, а слишком концентрированное изложение теории отвлекло бы зрителя от не менее важных при изучении физики (и нетривиальных для восприятия) деталей эксперимента. Теоретическое обсуждение содержания видеозаписи выносится в отдельные гипертекстовые и аудиофайлы. Используемый подход, с одной стороны, позволяет преподавателям отбирать для демонстрации лишь те эксперименты, которые в наибольшей степени соответствуют логике их изложения курса, с другой, — позволяет со-



Рисунок 3.

кратить объем видеофайлов до значений, уже сегодня приемлемых для передачи по общедоступным телекоммуникационным каналам.



4. ОБЩАЯ СТРУКТУРА СБОРНИКОВ СЕРИИ

Перечисленные выше ресурсы составляют основу содержания мультимедийного сборника, принципиально отличающего его от учебных и научно-популярных изданий на традиционных носителях. Отдельные ресурсы при помощи содержащих ссылки на них гипертекстов объединены в 11 тем, последовательность и способ изложения которых в общих чертах соответствует содержанию лекции по гравитации, читаемых на физическом факультете СПбГУ для учащихся выпускных классов физико-математических школ в рамках курса «Школьникам о современной физике». В школьной версии сборника, посвященного вопросам гравитации, предусмотрено 4 уровня сложности предлагаемой текстовой информации. Эти уровни ориентированы соответственно на

- 1) учащихся гуманитарных классов,
- 2) готовящихся к поступлению в технические ВУЗы,
- 3) наиболее подготовленных учащихся физико-математических школ,
- 4) слушателей факультативов и студентов младших курсов высших учебных заведений.



Было признано целесообразным создание небольших ... видеофрагментов, посвященных какому-либо одному явлению природы...

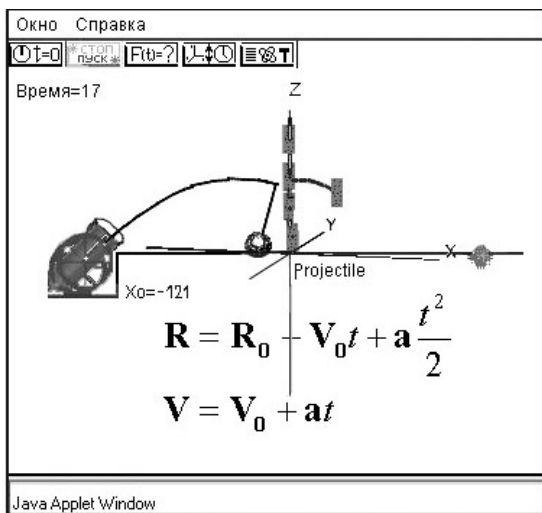


Рисунок 4.

В материалы второго уровня сложности включены компьютерные задачи, представляющие собой задания на постановку численного эксперимента, результаты которого описаны в условии. Примерами таких задач могут служить задания на расчет начальной скорости снаряда, выпускаемого из заданной точки по мишени, расположенной за высокой стенкой, или на поражение цели, начинающей свободно падать в момент выстрела (рисунок 4).

Изучающим материал на третьем и четвертом уровнях сложности предлагается набор компьютерных лабораторных работ. Задание для такой работы представляет собой формулировку небольшой физической проблемы, для решения которой следует предпринять небольшое самостоятельное исследование, включающее раз-

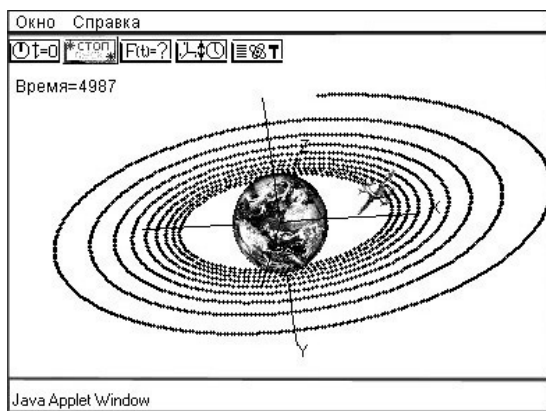


Рисунок 5.

работку, выполнение и интерпретацию результатов нескольких компьютерных экспериментов. В качестве примеров таких работ можно привести выяснение условий устойчивости движения спутника вращающейся вокруг звезды по кеплеровой орбите планеты, условий возникновения невесомости при движении в неоднородном гравитационном поле, изучение особенностей движения тел в гравитационных полях при наличии сил вязкого трения (рисунок 5).

Помимо систематического изложения материала, электронный сборник содержит поисковые системы, позволяющие быстро находить и отбирать необходимые материалы по систематическому каталогу и по типу сред – носителей информации.

Учитывая наличие у части преподавателей и учащихся устойчивого интереса к различного рода тестам, было принято решение включить в школьную версию сборника некоторое количество интерактивных тестов для самоконтроля учащимися минимальных знаний по содержащимся в сборнике темам. Созданная для сборника тестирующая оболочка по существу повторяет часть возможностей среды Verifier, ранее использованной нами при создании аналогичных тестов по курсу «Концепции современного естествознания» [25], но, будучи разработанной на платформе Java-Script, допускает использование в удаленном режиме через Интернет. Отличительными особенностями наших тестов является возможность составления вопросов, правильным ответом на которые является совокупность из нескольких предлагаемых тестируемому утверждений [26], и организация диалога с пользователем, в ходе которого тестирующая оболочка в случае неточных ответов генерирует наводящие вопросы или не лишённые иронии замечания (рисунок 6). При отсутствии в сформированном ответе ложных утверждений, набираемая тестируемым сумма баллов увеличивается на величины, установленные автором теста за каждое правильное утверждение. В случае неполного или ошибочного ответа выдается подготовленное автором сообщение, тес-

тируемому предоставляется возможность исправить ответ, а неиспользованные призовые очки уменьшаются в два раза. Диалог завершается в случае получения исчерпывающего ответа или достижения остатком «призового фонда» значения, не превышающего установленного минимума. В последнем случае на дисплей выводится правильный ответ.

Включенные в сборник тесты представляют собой качественные вопросы, уровень сложности которых примерно соответствует требованиям, предъявляемым к поступающим в технические ВУЗы абитуриентам.

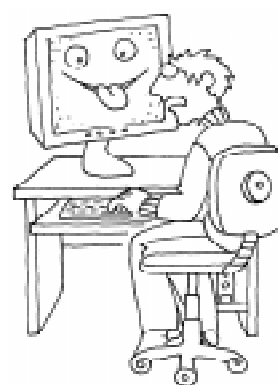
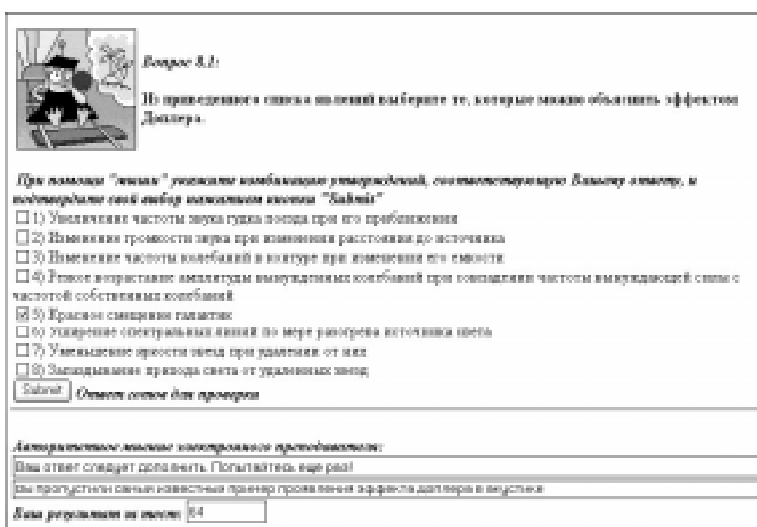
Помимо подробно рассмотренного обучающего (многооконного) режима, в сборнике предусмотрена возможность работы в режиме сопровождения лекции. В этом режиме рабочий экран представляет собой своеобразный вариант оформления классной доски и содержит только основные формулы, рисунки и графики, а также ссылки на мультимедийные ресурсы.

Задача отбора необходимого материала и выбора последовательности изложения в подавляющем большинстве случаев должна решаться использующим сборник преподавателем в соответствии с его собственными замыслами. Тем не менее, в сборниках предусмотрен вариант кратко-го систематического изложения материа-

ла, ориентированный на начальный уровень подготовки учащихся, закончивших средние образовательные учреждения, и обеспечивающий возможность освоения материала на уровне, примерно соответствующем требованиям к остаточным знаниям студентов, прослушавших курс физики в технических ВУЗах. По мнению авторов, ориентация на такой уровень изложения позволяет избежать дублирования популярных сегодня в школах электронных изданий «Репетитор», «Физика в картинках», «Живая физика» и ориентироваться на наиболее широкий круг учащихся (от посещающих факультативные занятия по физике наиболее подготовленных школьников до студентов как технических ВУЗов, так и высших учебных заведений гуманитарного профиля.

Авторский коллектив имеет твердое намерение не только развивать работы по созданию серии, но и продолжить цикл статей о сборнике и его использовании. В следующих номерах журнала планируется разместить три статьи, посвященные конкретному наполнению трех первых разделов.

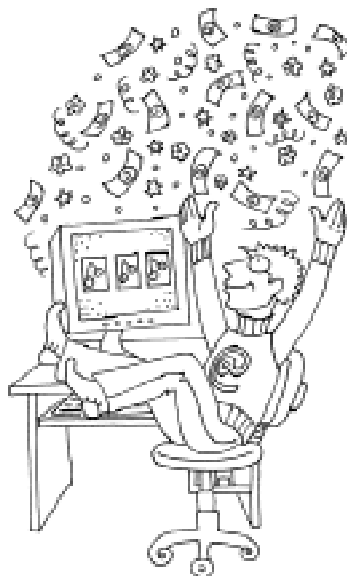
С сентября 2004 года начинается новый этап совместного педагогического эксперимента по организации непрерывного интенсивного обучения физике и современным информационным технологи-



...оболочка в случае неточных ответов генерирует наводящие вопросы или не лишние ироничи замечания...

Рисунок 6.

ям, проводимого коллективами физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета и физико-математическим лицеем № 30. В его рамках на базе набранного лицея нового 9-го класса создается специализированная подгруппа, ориентированная на продолжение обучения на физическом факультете в элитных группах бакалавриата пользующегося повышенным спросом у абитуриентов и работодателей нового направления «Прикладные математика и физика». Одной из особенностей обучения на указанном направлении является



Диалог завершается в случае получения исчерпывающего ответа или достижения остатком «призового фонда»

широкое использование электронного сборника как в преподавании курса физики, так и в практическом обучении современным компьютерным технологиям. Текущие результаты эксперимента будут доступны на электронном сайте «Физика для школ через Интернет» (www.spin.nw.ru), прошедшие апробацию методические материалы будут опубликованы. Авторы надеются подготовить цикл статей для журнала «Компьютерные инструменты в образовании» по реализации новой учебной программы.

1. Бобович А.В., Космачев В.М., Чирцов А.С. Использование компьютерных технологий в интересах образования — нерешенная проблема 2000-ых // Компьютерные учебные программы и инновации, № 1, М., 2001. С.33–51.
2. Чирцов А.С. Макет многоцелевого компьютерного учебника по физике: программная оболочка и обучающий модуль по теме «Движение частиц в электромагнитных полях» // В сб. «Тр. межд. конф. «Физика в системе современного образования (ФССО)», 1993, Сочи. С. 158–159.
3. Бутиков Е.И. Физика колебаний // сер. «Компьютерные модели в физике», СПб.: Ин-т Новых Технологий, 1993. 115 с.
4. Бутиков Е.И. Движение планет и спутников. Законы Кеплера // сер. «Компьютерные модели в физике», СПб.: изд-во ЦПО «Информатизация образования», 1995. 60 с.
5. Козел С.М. «Физика в картинках» — учебный компьютерный курс для средней школы. М.: Физикон, 1994. 150 с.
6. Чирцов А.С. Многоцелевой компьютерный учебник по фундаментальному курсу физики. Раздел: «Движение частиц в однородных силовых полях» // Вестник С.Петербургского ун-та, сер. 4 (физ., хим.), вып. 1, № 4, 1997. С. 103–106.
7. Князев М.В., Колинько К.П., Чирцов А.С. Информационные технологии в обучении физике // Компьютерные инструменты в образовании, № 2, 1999, СПб. С. 3–13.
8. Колинько К.П. «Оптический конструктор» — пример моделирующей программы // Компьютерные инструменты в образовании, № 2, 1999, СПб. С. 13–16.
9. Бутиков Е.И. Лаборатория компьютерного моделирования // Компьютерные инструменты в образовании, № 5, 1999, СПб. С. 24.
10. Дж. Вебер. Технология Java в подлиннике // Que Corporation 1996, перевод с англ. ВНВ СПб, 1997. 1048 с.
11. Колинько К.П., Чирцов А.С. Использование реальных возможностей мультимедиа и численного моделирования при создании электронного учебника по фундаментальному курсу физики // В сб. V межд. конф. «Физика в системе современного образования (ФССО 1999)», т. 3, СПб. С. 106–107.
12. Абутин М.В., Григорьев И.М., Колинько К.П., Никольский Д.Ю., Чирцов А.С. Физика: модель, эксперимент, реальность: в 8 т., т. 1: Гравитация: развитие взглядов от И. Ньютона до А. Эйнштейна // СПб.: Из-во С.-Петерб. Ун-та, 2001.
13. Абутин М.В., Колинько К.П., Пошерстник В.Е., Чирцов А.С. Мультимедиа сборник «Физика: модель, эксперимент, реальность», т.2: «Электрические и магнитные поля: удобная модель или физическая реальность?» // В сб. «Физика в системе современного образования (ФССО-03)» - Тр. 7 межд.конф., 2003, т. 3, СПб. С. 218–219.
14. Абутин М.В., Колинько К.П., Лазута В.А., Чирцов А.С. Серия мультимедиа сборников «Физика: модель, эксперимент, реальность»: мультимедиа ресурсы для сопровождения преподавания курса оптики. // В сб. «Мат. X межд. конф. «Современные технологии обучения (СТО-2004)», т. 2, СПб. С. 100–102.

15. Чирцов А.С. Комплекс учебных и методических материалов для информационной поддержки преподавания курса «Концепции современного естествознания» // В сб. «Мат. IX межд. конф. «Современные технологии обучения (СТО-2003)», 2003, т. 2, СПб. С. 87–89

16. Никольский Д.Ю., Чирцов А.С. Виртуальный физический конструктор: компьютерные модели для школьного курса механики. // Компьютерные инструменты в образовании» № 6, 2000, СПб. С. 42–47.

17. Чирцов А.С. «Физика и компьютер» – экспериментальная образовательная программа обучения физике и новым информационным технологиям // В сб. «Компьютерные технологии в СПбГУ», изд-во СПбГУ, 1997. С. 4.

18. Чирцов А.С., Юргенсон Ю.Р. «Физика сложных систем и Интернет» – второй этап экспериментальной образовательной программы творческого педагогического сотрудничества школы и ВУЗа в области элитарной подготовки специалистов – физиков. // В сб. «Материалы VIII межд. конф. «Современные технологии обучения «СТО-2002» т. 1, СПб. С. 183–185.

19. Григорьев И.М., Чирцов А.С. Бакалавриат «Прикладные математика и физика» – второй этап реализации экспериментальной образовательной программы «Физика и компьютер» // В сб. «Мат. X межд. конф. «Современные технологии обучения (СТО-2004)», т. 2, СПб. С. 85–86.

20. Колинько К.П., Никольский Д.Ю., Чирцов А.С. Образовательный сервер «Физика для школ через Интернет» – мультимедиа демонстрации и JAVA-апплеты по курсу физики // В сб. «Тр. Всероссийской объединенной конф. «Интернет технологии и современное информационное общество», 2000, СПб. С. 104–106.

21. Колинько К.П., Чирцов А.С. Использование реальных возможностей мультимедиа и численного моделирования при создании электронного учебника по фундаментальному курсу физики. // В сб. V межд. конф. «Физика в системе современного образования (ФССО 1999)», т. 3, СПб. С. 106–107.

22. Chirtsov A.S. Computer support in professional education in physics: virtual physical laboratories and real experiments in multimedia. // В сб. «International Conference CoLoS'99: New ideas in computer based education.» Sept. 16–18, St.Petersburg, Russia.

23. Chirtsov A.S., Kolinko K.P. Multimedia courses «Physics: Models, Experiments and Nature». Unit 2: «Electric and Magnetic Fields: the Useful Theoretic Model or the Real Object of Nature» // В сб. European Physics Education Network. European 6-th General Forum. Varna (BG), 2002–09–6/7. P. 46–48.

24. Никольский Д.Ю., Чирцов А.С. Виртуальный физический конструктор: компьютерные модели для школьного курса механики. // «Компьютерные инструменты в образовании» №6, 2000, СПб. С. 42–47.

25. Василькова А.В., Иванов С.Г., Сухачев Д.С., Чирцов А.С. Использование современных компьютерных технологий для информационной поддержки чтения курса «Концепции современного естествознания» для студентов гуманитарных специализаций // В сб. «Современные технологии обучения» – Материалы 6-й межд. конф., ч. 1, 2000. С. 182–183,

26. Чирцов А.С. «Классическое естествознание» – интерактивный задачник по естествознанию // Сер. «Компьютерные инструменты в школьном образовании»// СПб.: Изд-во Центра Профессионального обновления «Информатизация образования», 2000, 32 с.

27. Н. Нертман. From Simple to Complex but what is Simple and for Whom? // В сб. Тр. 4-й межд. Научно-техн.конф. «Компьютерное моделирование 2003» 24–28 июня 2003, СПб., 2003., С.28–34.

28. Бутиков Е.И. Коллекция замечательных движений в системе многих тел // Компьютерные инструменты в образовании.

От редакции: на диске следующего номера журнала будет опубликована версия мультимедийного сборника по гравитации из серии: «Физика: модель, эксперимент, реальность».

Абутин Михаил Викторович, инженер-программист физического факультета СПбГУ,

Колинько Константин Павлович, аспирант физического факультета СПбГУ,

Чирцов Александр Сергеевич, доктор физ.-мат. наук, декан физического факультета СПбГУ.



Наши авторы, 2004.

Our authors, 2004.