

На правах рукописи



РЕВИНСКАЯ Ольга Геннадьевна

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЯВЛЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ
В КУРСЕ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**

13.00.02 – теория и методика обучения и воспитания
(физика в общеобразовательной и высшей школе)

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата
педагогических наук

Томск - 2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научный руководитель доктор педагогических наук, профессор
Стародубцев Вячеслав Алексеевич

Официальные оппоненты доктор педагогических наук, профессор
Веряев Анатолий Алексеевич

кандидат физ.-мат. наук, доцент
Гурченко Алексей Анатольевич

Ведущая организация Красноярский государственный
педагогический университет

Защита состоится 14 декабря 2006 г. в 15.00 на заседании диссертационного совета К 212.266.01 при Томском государственном педагогическом университете по адресу 634041, г. Томск, пр. Комсомольский, 75.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Томского государственного педагогического университета по адресу 634041, г. Томск, пр. Комсомольский, 75.

Автореферат разослан «13» ноября 2006 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Е.А.Румбешта

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Фундаментальная подготовка по физике всегда являлась одним из приоритетных направлений высшего политехнического образования. Основным результатом фундаментализации физического образования можно считать развитие теоретического мышления студентов. При этом физическая теория остается одним из наиболее трудных для усвоения элементов содержания курса общей физики вследствие наличия в ней большого объема абстрактного материала. Это обстоятельство препятствует обучению физике на высоком теоретическом уровне сложности, эффективность которого доказана основоположниками теории деятельностного развития в педагогике (В.В. Давыдов, Н.Ф. Талызина, Д.Б. Эльконин). В обучении физике в вузе, по-прежнему, можно отметить определенную оторванность теоретического материала от его практического применения. Практическим применением теории является построение теоретических моделей реальных процессов и явлений. Для полноценного овладения физической теорией студенты должны не только изучить основные теоретические концепции, но и познакомиться с построенными на их основе теоретическими моделями, представлять область их применимости.

При традиционном (на лекциях и, частично, на практических занятиях) изучении моделей основное внимание студентов концентрируется на представляющем субъективную трудность математическом аппарате. При этом поведение изучаемой модели должно воспроизводиться в мысленном эксперименте, который практически не поддается контролю со стороны преподавателя. При выполнении мысленного эксперимента у студентов отсутствует возможность опоры на материальную деятельность, на преимущественно развитый у студентов технического вуза предметно-деятельностный стиль мышления. Таким образом, деятельностное изучение модели обрывается на полпути, у студентов не возникает законченной взаимосвязи теоретических концепций, математических выкладок с поведением некоторого физического объекта. Очевидно, что для полноценного (деятельностного) изучения теоретических моделей необходимо формировать навыки мысленного эксперимента и связанное с ним понимание физических процессов и явлений, упражняясь во внешней, контролируемой извне и преподавателем, и студентами, деятельности с объектом той же степени идеализации, которая заложена в теории и математических выкладках. В натурном физическом эксперименте трудно воспроизвести идеальные условия, описанные в теории, поэтому он не всегда может стать опорой для формирования навыков мысленного эксперимента. Таким объектом, посредством которого обучение мысленному эксперименту происходит во внешней материализованной деятельности, которой можно управлять, является компьютерная модель.

Поскольку в изучении теоретических моделей основной упор делается на овладении физическим содержанием, то наиболее целесообразным следует признать изучение физических теоретических моделей с помощью компьютерного моделирования в курсе физики. Методике использования в учебном процессе компьютерных моделей посвящен ряд научных исследований и диссертационных работ (Е.И. Бутиков, И.М. Нуркаева, И.А. Несмелова, Е.В. Оспенникова, А.М. Толстик, А.В. Худякова). В этих работах убедительно показано, что наилучшей организационной формой изучения компьютерных моделей являются лабораторные работы, во время которых каждый обучаемый лично взаимодействует с моделью, однако основной акцент в этих исследованиях сделан на конструирование моделей. Но для того чтобы получить знания о модели недостаточно только ее сконструировать, необходимо изучить свойства и физический смысл построенной модели. Поэтому активное материализованное изучение теоретических моделей в имеющихся компьютерных разработках реализуется не в полной мере. Это препятствует пониманию студентами физической сути модели и усвоению соответствующего теоретического материала.

В настоящее время разработкой компьютерных лабораторных работ по физике занимаются во многих отечественных и зарубежных вузах (Москва, С-Петербург, Тверь, Томск, фонд Shoder и др.). Анализ современных разработок компьютерных лабораторных работ позволил разделить их на две группы: работы, направленные на воспроизведение реальных физических экспериментов – В.В. Ларионов, В.В. Монахов, Д.В. Пичугин, С.К. Стафеев, др.; и работы, направленные на изучение физических теоретических моделей (компьютерные моделирующие лабораторные работы) – А.А. Бессонов, Е.И. Бутиков, С.М.Козел, В.А. Стародубцев.

При проектировании тех и других работ существенной разницы в подходах не наблюдается, что нельзя считать оправданным, так как работы направлены на изучение объектов разной природы (реальной и идеальной). При выполнении компьютерных лабораторных работ, направленных на изучение теоретических моделей, (как и при выполнении компьютерных работ, воспроизводящих реальные физические эксперименты) за основу берется методика проведения натурного эксперимента. Полное усвоение теоретического материала здесь является необходимым условием допуска к работе. В результате выполнение компьютерной моделирующей лабораторной работы становится иллюстрацией к изученной теории. Естественно, если теорию удалось изучить достаточно хорошо без компьютерной модели, то не следует ожидать большой эффективности от выполнения самой работы. Поэтому низкая эффективность компьютерных лабораторных работ неоднократно критиковалась в печати (А.А. Гладун, О.Н. Крохин, А.Н. Мансуров). Для повышения эффективности компьютерных лабораторных работ, направленных на изучение физических теоретических моделей, необходимо разработать специальную педагогическую концепцию проектирования, которая позволит усваивать теоретический материал постепенно в процессе изучения модели, формировать навыки выполнения мысленного эксперимента во внешней материализованной деятельности. Основой для построения такой концепции является концепция последовательного (поэтапного) погружения в материал, не применявшаяся ранее к компьютерным лабораторным работам.

По степени познавательной активности компьютерные работы существенно отстают от натуральных лабораторных работ, так как в имеющихся разработках деятельность обучаемых при изучении теоретических моделей обычно состоит в фиксировании информации о параметрах модели, которая после изменения начальных условий предоставляется в готовом виде. Наибольшая причастность обучаемых к полученным в компьютерных лабораторных работах результатам может быть реализована следующим образом. После изменения начальных параметров системы никакие данные не предоставляются в готовом виде, вместо этого предоставляется набор виртуальных инструментов, с помощью которых можно получить нужную информацию. Деятельность студентов в этом случае становится активно-поисковой, как в натурном эксперименте.

Это требует пересмотра не только методики выполнения компьютерных моделирующих лабораторных работ, но и принципов их проектирования, так как когнитивные возможности компьютерных лабораторных работ закладываются при их проектировании (З.А. Дмитриева, А.Ф. Кавтрев, А.В. Худякова и др.).

Вышесказанное определяет **актуальность исследования**.

В процессе диссертационного исследования выявлено **три группы противоречий**, имеющих непосредственное отношение к проблеме исследования:

- **противоречие в содержании образования:** между ростом роли моделирования в научных исследованиях и недостаточно полным применением этого способа познания в системе среднего и высшего профессионального образования;

- **психолого-педагогическое противоречие** между абстрактным характером теоретических моделей и преимущественно предметно-деятельностным, конкретным стилем мышления студентов технических вузов – выпускников средней школы;
- **научно-методическое несоответствие** между принятым в традиционной методике способом проведения лабораторного практикума и новыми требованиями к изучению теоретического материала в процессе выполнения компьютерной моделирующей лабораторной работы в техническом вузе.

Таким образом, **проблема исследования** состоит в повышении эффективности компьютерных лабораторных работ по изучению теоретических моделей физических явлений и процессов в курсе общей физики технического вуза.

Объектом исследования является процесс изучения теоретических моделей явлений и процессов на основе компьютерные лабораторные работы в курсе общей физики технического вуза.

Предмет исследования составляют принципы разработки, содержание и организационные формы изучения физических теоретических моделей в процессе выполнения компьютерных лабораторных работ студентами технического вуза.

Целью исследования является разработка методики проектирования и проведения компьютерных лабораторных работ, способствующей повышению эффективности изучения теоретических моделей физических явлений и процессов в курсе общей физики технического вуза.

Гипотеза исследования. Эффективность усвоения теоретического материала в курсе общей физики студентами технического вуза и мотивация учения будут повышаться, если для изучения физических теоретических моделей в лабораторном практикуме разработать и систематически использовать компьютерные моделирующие лабораторные работы, реализующие концепцию поэтапного погружения в теоретический материал на основе активно-поисковой самостоятельной деятельности студентов.

Исходя из сформулированной гипотезы, для достижения цели исследования были поставлены **следующие задачи**:

- разработать принципы проектирования компьютерных лабораторных работ для изучения теоретических моделей в курсе общей физики на основе концепции поэтапного изучения теоретического материала;
- выявить условия активно-поисковой самостоятельной деятельности студентов в процессе выполнения компьютерной лабораторной работы;
- создать комплект компьютерных моделирующих лабораторных работ, способствующих поэтапному изучению теоретического материала в процессе выполнения работы;
- разработать методику изучения теоретических моделей при проведении компьютерных лабораторных работ, способствующую самостоятельному поэтапному получению студентами физических знаний;
- проверить эффективность разработанной методики в ходе педагогического эксперимента.

Методологическую основу диссертационного исследования составили: деятельностный подход к пониманию развития личности и теория поэтапного формирования умственной деятельности (Л.С. Выготский, П.Я. Гальперин, В.В. Давыдов, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн, Н.Ф. Талызина); основы построения и использования педагогических технологий (Дж. Аринсон, В.П. Беспалько, Д. Дьюи, Т.А. Ильина, Е.И. Машбиц, А.А. Машиньян, О.П. Околелов, И.В. Роберт, Г.К. Селевко и др.); дидактические особенности обучения физике, в частности через учебный физический эксперимент (В.А. Буров, Ю.И. Дик, Б.С. Зворыкин, П.А. Знаменский, Э.Д. Новожилов, А.В. Перышкин, Б.Ш. Перкальскис, А.А. По-

кровский, Л.И. Резников, И.М. Румянцев, В.Я.Синенко, А.А. Шаповалов и др.); основы использования информационных технологий в обучении физике (А.А. Веряев, А.А. Гладун, В.А. Извозчиков, С.Е. Каменецкий, В.В. Лаптев, А.Д. Ревунов и др.).

Методы исследования. Используемые в ходе исследования методы и виды деятельности можно объединить в две группы. Теоретические методы: изучение и анализ научной литературы по общим и частным проблемам методики обучения физике, дидактики, психологии; анализ, синтез, обобщение и абстрагирование, сравнение и сопоставление, моделирование, системный подход к разработке концепции поэтапного усвоения теоретического материала при выполнении компьютерных лабораторных работ для изучения физических теоретических моделей на компьютере. Практические методы: наблюдение, анкетирование, тестирование, критериальная оценка педагогической деятельности; педагогический эксперимент.

Научная новизна исследования состоит в том, что:

- предложена концепция изучения студентами технических вузов теоретических моделей в курсе общей физики, основанная на поэтапном погружении в теоретический материал при выполнении компьютерных лабораторных работ, позволяющая выявлять и закреплять понимание взаимосвязи между математическим описанием и физическим смыслом изучаемой модели;
- выявлена эффективность совместного применения общедидактических принципов, принципов естественнонаучного и эмпирического обучения при проектировании и проведении компьютерных лабораторных работ для изучения физических теоретических моделей;
- обоснована и практически реализована возможность организации активно-поисковой деятельности студентов при выполнении компьютерных моделирующих лабораторных работ, заключающейся, во-первых, в получении результатов исследования модели через промежуточные измерения с помощью виртуальных приборов, а не в готовом виде, во-вторых, в создании ситуаций выбора оптимальных условий эксперимента.

Теоретическая значимость исследования состоит в том, что:

- разработана методика изучения теоретических моделей при выполнении компьютерных лабораторных работ на основе применения теории поэтапного формирования умственной деятельности;
- расширена область применения ориентировочной основы деятельности, составленной обучаемыми самостоятельно на основе полной системы обобщенных ориентиров, на процесс изучения студентами технических вузов физических теоретических моделей при выполнении компьютерных лабораторных работ;
- разработана последовательность методик проведения компьютерных лабораторных работ, направленных на изучение физических теоретических моделей в курсе общей физики технического вуза: 1) фронтальное выполнение работы в начале семестра; 2) адаптированная традиционная методика в течение семестра; 3) фронтальное выполнение работ с элементами метода проектов в середине и конце семестра; 4) самостоятельное выполнение работ, не вошедших в учебный план в течение второй половины семестра.

Практическая значимость исследования заключается в разработке комплекса программных дидактических средств (17 моделирующих лабораторных работ), достаточный для формирования навыков изучения физических теоретических моделей; учебно-методических пособий; методических рекомендаций по проектированию компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике и проведению лабораторных занятий с их использованием в техническом вузе.

Опытно-экспериментальной базой диссертационной работы является кафедра теоретической и экспериментальной физики факультета естественных наук и математики Томского политехнического университета в период с 2002 по 2006 год.

Обоснованность и достоверность полученных результатов исследования обеспечены опорой исходных положений на теоретические достижения психологии, общей педагогики, методики преподавания физики, информатизации образования и системный подход при рассмотрении дидактических принципов проектирования и использования компьютерных моделирующих лабораторных работ; внутренней непротиворечивостью логики исследования, результатами педагогического эксперимента, адекватностью применяемых методов целям и задачам исследования, использованием математических методов обработки результатов.

ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ:

1. Концепция поэтапного усвоения теоретического материала при выполнении компьютерных моделирующих лабораторных работ, основанная на теории поэтапного формирования умственных действий, заключается в том, что теоретический материал изучается не одномоментно (перед получением допуска к работе), а постепенно, в процессе всего выполнения лабораторной работы. Составляющими концепции являются: 1) постепенное освоение теоретического материала в практической материализованной деятельности; 2) активная познавательная деятельность студентов; 3) этапы освоения теоретического материала (ознакомление, детализация, обобщение); 4) система упражнений, стимулирующих регулярное обращение к теоретическому материалу; 5) средства контроля и самоконтроля выполняемой деятельности студентов, сопровождающие каждый этап выполнения работы.
2. Способ сочетания общедидактических принципов и принципов естественнонаучного и эмпирического обучения при проектировании и проведении компьютерных лабораторных работ для изучения физических теоретических моделей, выраженного в принципах интерактивности, реальности результатов, максимальной выразительности, адаптивности, аппаратной доступности, многовариантности, цикличности, методической обеспеченности, активации межпредметных связей.
3. Методики выполнения компьютерных лабораторных работ для изучения физических теоретических моделей, разработанные на основе предложенной концепции: адаптированная традиционная методика проведения занятий лабораторного практикума; методика фронтального выполнения работ с элементами метода проектов.
4. Результаты педагогического эксперимента.

Апробация и внедрение результатов исследования. Теоретические положения и результаты исследования докладывались и обсуждались на: Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», г. Троицк (2003-2005 г.), VIII конференции стран Содружества «Современный физический практикум», г. Москва (2004 г.), XII Международная конференция «Математика. Компьютер. Образование», г. Пущино (2005 г.), VIII Международной конференции «Физика в системе современного образования» (ФССО-05), г. Санкт-Петербург (2005 г.), Международной научно-технической конференции «Компьютерные и вычислительные технологии в задачах естествознания и образования», г. Пенза (2005 г.), VI Международной конференции «Компьютерное моделирование 2005», г. Санкт-Петербург (2005 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные процессы в высшей школе», г. Краснодар (2004, 2006 г.), X Всероссийской научно-практической конференции «Учебный физический эксперимент», г. Глазов (2005 г.), II Межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Открытое образование: опыт, проблемы, перспективы», г. Красноярск (2006 г.).

Материалы исследования опубликованы в журналах «Физическое образование в вузах», «Педагог», «Педагогическая информатика», «Информатика и образование», «Открытое образование». Созданные программные средства учебного назначения зарегистрированы в ФГУП Всероссийском научно-техническом информационном центре под № 50200501393. Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ используется в учебном процессе на кафедре теоретической и экспериментальной физики Томского политехнического университета с 2002 г., в Беловском филиале Томского политехнического университета с 2005 г.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения, изложена на 229 страницах, содержит 19 рисунков, 5 таблиц. Список используемой литературы содержит 282 наименования.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение содержит обоснование проблемы и актуальности исследования, рассмотренные противоречия, объект, предмет, цель, гипотезу, задачи исследования, его методологическую основу, методы исследования, научную новизну, теоретическую и практическую значимость, а также положения, выносимые на защиту.

ГЛАВА 1. Педагогические и компьютерные технологии в процессе обучения физике в высшей школе. История развития педагогических технологий последовательно доказала необходимость активной роли обучаемых в процессе учения. Мощнейшим толчком формированию активных методов обучения стала психологическая теория деятельности. Применительно к педагогике общепсихологические идеи деятельностного подхода получили воплощение в теории поэтапного формирования умственных действий, в которой учение рассматривается как усвоение определенных видов и способов познавательной деятельности. Основополагающие положения данной теории являются отправной точкой для многих педагогических технологий, таких как личностно-ориентированное обучение, проблемное обучение, метод проектов и т.д. Перевод внешней деятельности во внутреннюю (интериоризация) способствует повышению эффективности обучения в частности благодаря тому, что в памяти человека запечатлевается (при прочих равных условиях) до 90% того, что он делает, до 50% того, что он видит, и только 10% того, что он слышит.

Согласно теории поэтапного формирования умственных действий в процессе обучения необходимо осуществлять перевод внешней материализованной деятельности во внутреннюю следующим образом: 1) формирование мотивации; 2) составление ориентировочной основы действия; 3) выполнение действия в материальной (материализованной) форме; 4) действие в громкой социализованной речи; 5) действие в речи про себя; 6) «свернутое», сокращенное действие. Как показано в исследованиях Н.Ф. Талызиной решающую роль в формировании действия играет ориентировочная основа. В теории поэтапного формирования умственных действий теоретически обоснованы 8 типов ориентировочной основы деятельности. При этом подчеркивается, что действию, сформированному с использованием самостоятельно полученной ориентировочной основы опирающейся на полную систему обобщенных ориентиров (ориентировочная основа третьего типа), присущи быстрота, безошибочность, большая устойчивость и широта переноса. Данная ориентировочная основа является наиболее перспективной при необходимости интенсификации обучения.

Теория поэтапного формирования умственных действий является методологической основой большинства современных педагогических технологий, разработанных В.П. Беспалько, С.Е. Каменецким, М.В. Клариной, Н.Ф. Масловой, О.П. Околеловым, Н.С. Пурышевой, А.Я. Савельевой, Г.К. Селевко, В.В. Сериковым, Ю.Г. Татур, Н.В. Шароновой и др.

Новый этап в развитии активных технологий обучения связан со всеобщей информатизацией общества. Педагогические технологии, использующие возможности информатизации, получили название информационных. В нашей стране дидактическое обоснование применения информационных технологий в образовании дано в работах И.В. Роберт, Д.Ш. Матроса, Б.Е. Стариченко и др. Психолого-педагогические требования при обучении с использованием средств компьютерных технологий рассмотрены в работах К.Г. Кречетникова и Е.В. Оспенниковой. Концепция создания компьютеризованного курса физики для средней школы разработана Э.Г. Скибицким, основы педагогического проектирования учебно-методических комплексов информационного обеспечения учебных дисциплин в вузах развиты в работах П.И. Образцова и В.А. Стародубцева. И.Г. Захаровой исследована мотивация студентов к использованию информационных технологий обучения. Интерактивная обучающая система по курсу общей физики в вузе разработана Г.В. Ерофеевой и Е.А. Скларовой.

Использование компьютера как составляющей информационных технологий оказывает неоспоримое влияние на развитие современного лабораторного практикума по физике. В связи с использованием компьютерной техники развиваются новые виды учебного физического эксперимента. По направлениям использования компьютерной техники учебный физический эксперимент можно классифицировать следующим образом:

- автоматизированный физический эксперимент (компьютер выступает в качестве одной из неотъемлемых частей экспериментальной установки, необходимой для управления экспериментом или регистрации данных);
- независимый моделирующий физический эксперимент (компьютер является единственной частью установки, моделируя и сам физический процесс, и приборы, необходимые для проведения исследования);
- комплексный физический эксперимент, сопровождающийся моделированием изучаемых в эксперименте процессов (компьютер, как правило, не входит в состав экспериментальной установки, а используется параллельно для сравнения полученных результатов с теорией, но находится в непосредственной близости от установки);
- автоматизация обработки экспериментальных данных (компьютер может быть значительно удален от места эксперимента);
- автоматизация контроля и самоконтроля при проведении учебного эксперимента.

Моделирование прочно заняло место в системе научных исследований. Поэтому сегодня невозможно уже представить и учебный физический эксперимент без элементов моделирования. Постепенное признание важной роли моделирования проявляется, в частности, в выделении моделирующего эксперимента как самостоятельного вида учебной деятельности. Под моделирующим (или модельным) экспериментом будем понимать изучение физических моделей процессов или явлений с помощью компьютерных реализаций, сопровождающихся какой-либо формой визуализации изучаемого процесса (Е.И. Бутиков, И.М. Нуркаева, И.А. Несмелова, Е.В. Оспенникова, А.М. Толстик, А.В. Худякова). Данное направление педагогических исследований находится в стадии интенсивного развития, о чем, в частности, свидетельствует отсутствие единой устоявшейся терминологии в обозначении соответствующих учебных программных средств.

Под моделью (от латинского слова *modulus* – мера, образец) некоторого объекта или явления понимают некоторый другой объект, который: сопоставляется исходному объекту; подобен исходному объекту, то есть адекватно отражает свойства исходного объекта; строится с определенной целью, заранее определяемой субъектом моделирования; отражает лишь некоторые свойства исходного объекта, признанные субъектом моделирования существенными; создается для получения информации об исходном объекте, необходимом для

решения определенной задачи. Теоретическая физика представляет, по сути, последовательно выстроенную цепочку моделей, прогрессирующих по степени сложности и многообразию.

Естественный ход учебного процесса подсказывает необходимость изучения физических теоретических моделей в лабораторном практикуме. Методика формирования экспериментальной компетентности в физическом образовании хорошо отработана и зарекомендовала себя как активная форма обучения. Поэтому на ее основе можно построить методику формирования компетентности физического моделирования.

Экспериментальная компетентность включает как навыки создания экспериментальных установок, так и навыки выполнения комплекса исследований на готовых экспериментальных установках. Соответственно методика формирования экспериментальной компетентности ведет обучаемых от работы на готовых экспериментальных установках (сначала простых, затем все более сложных) через включение элементов подготовки, настройки установки, подбора отдельных ее блоков в соответствии с условиями эксперимента к последующему полному формированию новой экспериментальной установки. Эта методика подготовки специалистов дала науке много талантливых экспериментаторов.

В процессе обучения моделированию физических явлений возможно формировать как навыки по конструированию моделей, так и навыки по их изучению. По аналогии с методикой формирования экспериментальной компетентности процесс формирования компетентности физического моделирования также можно разделить на несколько этапов, направленных от изучения известных физических моделей к постепенному самостоятельному конструированию новых моделей, адекватных задаче исследования.

На сегодняшний момент процесс обучения моделированию начинается сразу с конструирования моделей – этап изучения готовых моделей практически отсутствует. Отсутствие этапа изучения моделей как самостоятельного (начального) этапа формирования навыков моделирования негативно сказывается на продуктивности всех последующих этапов. Самостоятельное конструирование моделей начинается, как правило, с программного воспроизведения известных моделей – компьютерной модели. Отсутствие опыта изучения готовых реализаций модели замедляет отладку и тестирование самостоятельных программных воплощений, затрудняет анализ параметров модели. В итоге порой так и не удается сформировать целостного представления о роли моделирования в науке (навыки часто остаются фрагментарными). Изучение теоретических моделей без применения компьютерной реализации, которое практикуется при традиционном преподавании физики, сопряжено с рядом трудностей, связанных с абстрактным характером моделей. Не каждый студент, а тем более школьник, за математическим аппаратом, описывающим физическую модель, может увидеть физическое явление. Даже если математический аппарат хорошо освоен обучаемыми, часто возникают трудности с переносом результатов исследования на физические (пусть даже идеализированные) объекты. Противоречие между абстрактным характером физической теории и предметно-деятельностным характером мышления обучаемых часто выражается в непонимании физического смысла математических формул многих физических теорий. Программная реализация модели (компьютерная модель), сопровождающаяся ее визуализацией, позволяет представить, как бы вел себя реальный объект, если бы действительно подчинялся законам, описанным в теории. Только компьютерная модель позволяет воспроизвести поведение модели с той же долей идеализации и абстрагирования, которая заложена в физической теории. Поэтому получать навыки изучения физических теоретических моделей лучше всего с помощью специально разработанных компьютерных моделей.

По отзывам многих педагогов, данный подход для школьного курса физики достаточно хорошо реализован в настоящее время в компьютерном учебном курсе под редакцией профессора МФТИ С.М. Козела «Открытая физика» (ООО «Физикон»), а для некоторых

разделов вузовского курса физики – в моделирующих лабораторных работах профессора Е.И. Бутикова. Однако эти работы носят в основном иллюстративный характер, их использование в учебном процессе является эпизодическим.

Навыки, полученные обучаемыми в процессе изучения физических моделей с помощью готовых компьютерных моделей, готовят почву не только для дальнейшего самостоятельного моделирования, но и для применения изученных моделей к реальным физическим явлениям. Сравнение результатов натурного и моделирующего эксперимента (эксперимента, в котором выполняются опыты с компьютерной моделью соответствующего физического явления) позволяет выявить их расхождение и, соответственно, установить границы применимости изучаемой модели.

В преподавании физики именно лабораторный практикум может обеспечить наиболее тесный доступ каждого обучаемого к изучаемому объекту, в частности, к компьютерной модели. Поэтому изучение физических моделей в рамках лабораторного практикума с помощью специально разработанных программных средств позволит полностью реализовать возможности поэтапного формирования у студентов первичных навыков моделирования и применения моделирования в физике, если будет опираться на научно обоснованную дидактическую концепцию.

ГЛАВА 2. Методики изучения физических теоретических моделей при помощи компьютерных лабораторных работ.

Основной *целью*, реализуемой с помощью компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике, следует считать формирование навыков исследования теоретических моделей и углубление и интенсификацию усвоения теоретического материала соответствующей учебной дисциплины.

Компьютерные лабораторные работы, направленные на изучение физических теоретических моделей, также открывают возможность формирования навыков мысленного эксперимента. Необходимые для выполнения мысленного эксперимента действия можно формировать с использованием компьютерных моделей в качестве внешней материализованной формы. Прохождение всех этапов формирования умственной деятельности вплоть до итериоризации преобразует навыки исследования физических теоретических моделей в навыки выполнения мысленного эксперимента, что в свою очередь свидетельствует о развитии теоретического мышления студентов. Эти навыки будем считать прямыми *результатами* изучения теоретических моделей в лабораторном практикуме. Поскольку данный педагогический прием использует в качестве средства формирования деятельности по изучению моделей возможности виртуальной реальности, в качестве побочного, но не менее важного результата следует ожидать возрастание информационной (в частности, компьютерной) грамотности студентов, повышение их профессиональной самооценки.

Чтобы добиться желаемых результатов, необходимо проектировать работы на высоком теоретическом уровне сложности, при котором для полного освоения теоретического материала необходимо введение этапности его освоение. При подготовке к работе (для получения допуска) студент должен изучить общую структуру изучаемой модели, познакомиться с основными приближениями, учтенными в ней. Тогда во время выполнения работы он может подробно изучить взаимосвязь и взаимозависимость отдельных параметров модели. Чтобы эти взаимосвязи не оказались оторванными от физики необходимо спровоцировать обращение студента к другому разделу теории, в котором эти взаимосвязи описывались бы математически и объяснялись физически. Для полновесного изучения недостаточно выявления качественных характеристик типа «больше», «меньше», «равно». Необходимо (по крайней мере, в вузе) выполнять количественные исследования. Но предоставление количественных результатов в готовом виде делает компьютерную работу иллюстративной. Поэтому, чтобы избежать иллюстративности, необходимо предоставить студентам возмож-

ность измерять некоторые количественные параметры, являющиеся промежуточными для данной модели. Указав путь получения конечного результата через измеренные промежуточные параметры, компьютерная моделирующая лабораторная работа раскрывает перед студентами новую возможность развития своих интеллектуальных способностей. При этом, чтобы деятельность выполнялась самостоятельно, необходимо обеспечить ее системой ориентиров, позволяющих и преподавателю, и студенту судить о степени правильности проведенных исследований.

Учитывая, что работы проектируются на высоком теоретическом уровне сложности, для всестороннего изучения модели необходимо выполнить несколько упражнений, выявляющих различные стороны внутренней структуры модели. Для технической реализации предложенной идеологии исследования необходимо обеспечить студента необходимыми виртуальными инструментами, позволяющими в каждом упражнении измерять необходимые промежуточные параметры. Как реальные приборы в натурном эксперименте восполняют природную ограниченность органов чувств человека, также виртуальные приборы в моделирующем эксперименте позволяют расширить возможности взаимодействия человека с компьютерной моделью. Выполнение предложенных упражнений может происходить в произвольном порядке и темпе. Особую роль в данном случае играет методическое пособие к лабораторной работе. Оно должно содержать как общее описание модели и соответствующей теории, так и теоретическое объяснение изучаемых закономерностей, средства контроля и самоконтроля успешности проведенных исследований. Учебное пособие выполняет роль ориентировочной основы деятельности студента при изучении модели. Из теории поэтапного формирования умственных действий известно, что необходимые навыки формируются наиболее эффективно (быстро, безошибочно, с большой устойчивостью и широтой переноса), если ориентировочная основа имеет полный состав, ориентиры представлены в обобщенном виде. В соответствии с этим в методическом пособии к каждой работе обсуждается общая теория изучаемой модели, даются обобщенные ориентиры для выполнения работы, а для каждого конкретного варианта ориентировочную основу студент должен составить сам, опираясь на общие принципы. Такой подход к составлению методического пособия способствует реализации обучения на высоком теоретическом уровне сложности, что редко встречается в других компьютерных лабораторных работах.

Таким образом, *концепция поэтапного усвоения теоретического материала* при выполнении компьютерной лабораторной работы заключается в том, что теоретический материал изучается не одномоментно (перед получением допуска к работе) а постепенно в процессе всего выполнения лабораторной работы. Можно сформулировать условия успешной реализации концепции:

- цель выполнения работы – изучение абстрактного теоретического материала во внешней предметной деятельности студентов на примере соответствующей теоретической модели;
- теоретический материал работы труден для одномоментного изучения, поэтому изучается постепенно в процессе выполнения работы;
- для изучения различных сторон теоретической модели формируется система упражнений, стимулирующих регулярное обращение к теоретическому материалу, раскрывающих возможность как качественного, так и количественного изучения модели;
- результаты исследования не предоставляются в готовом виде, вместо этого студентам предоставляется набор виртуальных инструментов и указывается путь самостоятельного получения характерных для данной модели величин;
- в процессе выполнения работы формируются не моторно-механические умения студентов, а интеллектуальные, которые закрепляются сопоставлением научно-адекватной ви-

зуализации модели, подробных математических выкладок с полученными в эксперименте закономерностями;

- компьютерная работа не навязывает студенту определенной последовательности действий, обеспечивая полную свободу выбора; на протяжении всей работы деятельность студентов регулируется средствами контроля и самоконтроля.

При отборе моделей на этапе проектирования компьютерных лабораторных работ необходимо учитывать соответствие модели государственному образовательному стандарту, учебным программам и общепризнанным физическим теориям. При использовании в учебном процессе изучаемая модель выбирается в соответствии с учебным планом, применяемой педагогической технологией.

Технологии современного образования характеризуются, в частности, тем, что проектирование и использование программных дидактических средств таких, как компьютерные лабораторные работы, осуществляется разными людьми. При проектировании компьютерных лабораторных работ необходимо обеспечить потенциальную возможность практического использования полной системы дидактических принципов. Тогда педагог-практик при использовании этих работ сможет реализовать набор дидактических принципов, наилучшим образом соответствующих той педагогической технологии, которой он придерживается.

Поэтому на основе предложенной концепции расширена трактовка дидактических принципов интерактивности, реальности результатов, максимальной выразительности, адаптивности, аппаратной доступности, многовариантности, цикличности, методической обеспеченности, активизации межпредметных связей применительно к проектированию и использованию компьютерных моделирующих лабораторных работ.

Так, например, к пониманию *принципа интерактивности* добавлено необходимое взаимодействие с виртуальными приборами, а также синхронное изменение состояния модели при изменении ее параметров; к пониманию *адаптивности* – принципиальное отсутствие диалогового режима, что позволяет выполнять работу в любом темпе и последовательности; *аппаратной доступности* – соответствие программной реализации работы среднему уровню компьютерной грамотности, позволяющему выполнять действия на компьютере в свернутом виде и т.д.

В результате теоретического анализа выявлена структурная взаимосвязь системы дидактических принципов проектирования компьютерных моделирующих лабораторных работ с общедидактическими принципами и принципами естественнонаучного и эмпирического обучения. На рис. 1 приведены примеры установленной взаимосвязи для принципов многовариантности и максимальной выразительности.

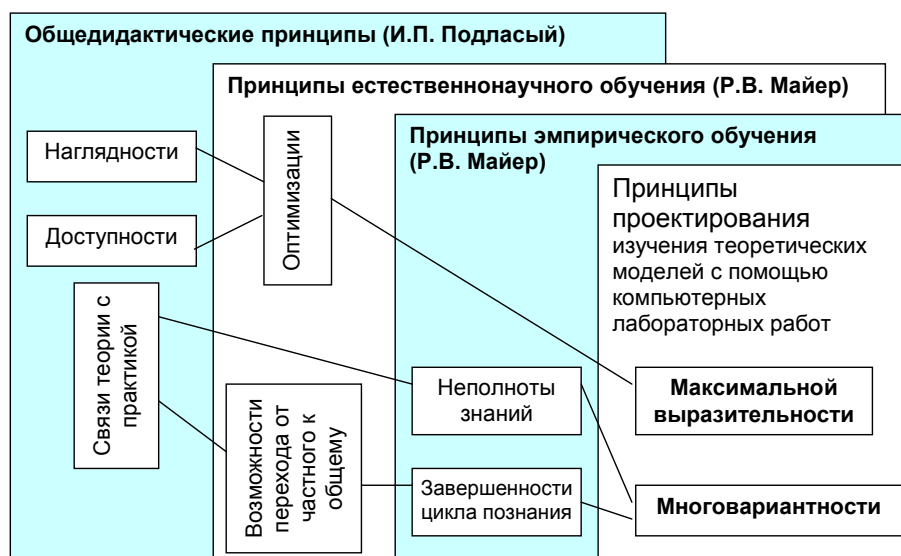


Рис. 1. Связь принципов разработки и использования компьютерных моделирующих лабораторных работ с более общими дидактическими принципами

На основе разработанной концепции реализован комплекс из 17 компьютерных моделирующих лабораторных работ по курсу общей физики, сопровождающийся полным комплектом методических пособий. Отличительной особенностью данного комплекса является наличие моделей (а, следовательно, и работ) разного уровня сложности, что позволяет корректировать различия в базовой подготовке абитуриентов в процессе обучения на первом курсе. Для проверки правомерности предложенной концепции выбраны модели из нескольких разделов курса общей физики: механика, колебания, физика жидкостей и газов, электричество и магнетизм.

Согласно теории поэтапного формирования умственных действий для развития навыков исследования теоретических моделей недостаточно выполнить формируемое действие один раз. Поэтому измерения и анализ параметров модели в процессе выполнения работы проводятся многократно. Но для интериоризации действия необходимо выполнять подобные исследования с несколькими близкими по содержанию моделями. В каждом разделе физики можно подобрать достаточное количество близких по содержанию моделей. В каждом из четырех разделов выбраны 3-4 модели, охватывающие основные теоретические положения, соответствующие программе курса общей физики в техническом вузе. Механика: ускорение свободного падения; второй закон Ньютона; закон сохранения импульса; момент инерции твердого тела. Колебания: свободные гармонические колебания; затухающие колебания; вынужденные колебания; сложение перпендикулярных колебаний; биения. Физика жидкостей и газов: вытекание жидкости из малого отверстия; движение тела в вязкой среде; движение броуновской частицы. Электричество и магнетизм: движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных электрическом и магнитном полях; движение заряженной частицы в параллельных электрическом и магнитном полях; электростатическое поле. С учетом потребностей элитного образования в раздел «Колебания» были добавлены еще две работы: гармонический анализ; связанные колебания. Таким образом, формирование деятельности по изучению определенного класса моделей может быть проведено в рамках каждого из перечисленных разделов физики. *Критериями отбора моделей* являлись следующие их характеристики, раскрывающие возможность изучения этих моделей в рамках активной познавательной деятельности: наличие промежуточных параметров, для измерения которых можно предложить виртуальные инструменты (связь конечных и промежуточных параметров должна выражаться аналитически); разнообразие начальных параметров модели, позволяющих создать ситуацию поиска оптимальных условий выполнения эксперимента.

Учитывая предложенную концепцию поэтапного усвоения теоретического материала, активно-поисковый тип познавательной деятельности студентов, были предложены и апробированы в учебном процессе следующие *методики проведения занятий*.

Адаптированная традиционная методика выполнения лабораторных работ. Для эффективного использования компьютерных моделирующих лабораторных работ в учебном процессе традиционную методику проведения занятий лабораторного практикума необходимо изменить в направлении отношения к теоретическому материалу. В соответствии с предложенной концепцией обращение к теоретическому материалу происходит в течение всего выполнения работы в разном контексте (рис. 2).

Как и при традиционной методике работы выполняются малыми группами (2-3 человека) по графику. Каждый член группы выполняет работу со своим вариантом начальных данных. Общение внутри группы используется для взаимообучения при составлении ориентировочной основы деятельности. Ориентировочная основа предоставляется студентам в виде полной системы обобщенных ориентиров. Для успешного выполнения работы каждый студент должен самостоятельно составить ориентировочную основу для своего варианта. Возможность общения с товарищем, выполняющим другой вариант той же работы делает

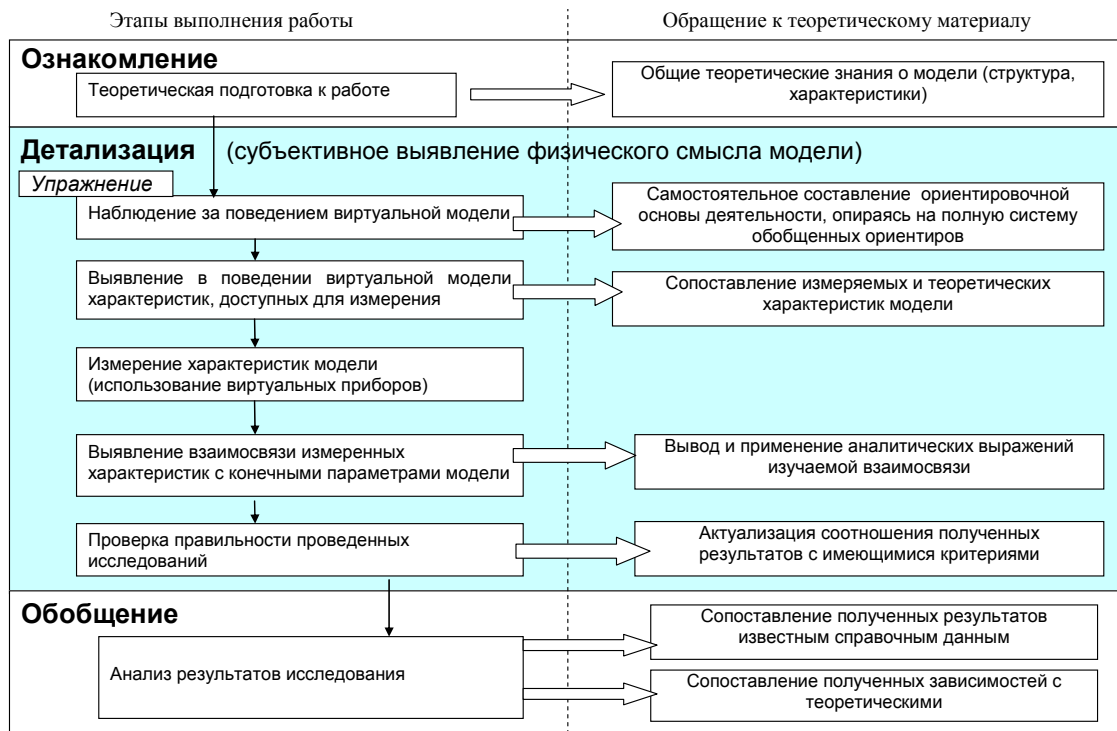


Рис. 2. Схема поэтапного обращения студента к теоретическому материалу в процессе выполнения компьютерной моделирующей лабораторной работы

составление ориентировочной основы более осмысленным за счет сопоставления различных условий проведения виртуального эксперимента.

Например, при подготовке к работе «Движение заряженной частицы в перпендикулярных электрическом и магнитном полях» (рис. 3) студенты знакомятся:

- с понятиями однородного и стационарного магнитного и электрического полей;
- с системой дифференциальных уравнений, описывающих движение заряженной частицы в перпендикулярных электрическом и магнитном полях;
- с фактом, что движение частицы в этих условиях представляют собой суперпозицию вращательного и поступательного движений в одной и той же плоскости:

$$x(t) = \frac{1}{\omega} v_y(0) - R \cos(\omega t + \theta) + \frac{E}{B} t; \quad y(t) = -\frac{1}{\omega} \left(v_x(0) - \frac{E}{B} \right) + R \sin(\omega t + \theta);$$

$$(x - x_R)^2 + (y - y_R)^2 = R^2; \quad x_R = \text{Const}_x + \frac{E}{B} t, \quad y_R = \text{Const}_y;$$

- описанные данными уравнениями кривая называется циклоидой или трохоидой.

Самостоятельный теоретический анализ зависимостей $x(t)$ и $y(t)$, а также траектории частицы представляет субъективную трудность для студентов 1-2 курса. Визуализация этих зависимостей и опора на систему специально составленных упражнений поможет сопоставить аналитические выражения с физическим смыслом и выявить вклад каждого компонента.

Во время выполнения работы студенты должны изучить зависимость характеристик траектории частицы (длины витка циклоиды, период и радиус вращательного движения) от начальных параметров системы (напряженности электрического, индукции магнитного полей и начальной скорости частицы). Для этого разработаны 4 упражнения.

В каждом упражнении, прежде чем приступить к исследованию, необходимо подобрать начальные условия так, чтобы в области эксперимента наблюдался один целый виток циклоиды (трохоиды). Каждому студенту предлагается работать со своей частицей, поэтому начальные условия, найденные студентом, будут разными – ориентировочная основа дея-

тельности формируется каждым студентом самостоятельно. Но взаимное общение уже на этом этапе позволяет выявлять некоторые обобщения: как зависят, например, искомые условия от заряда и массы частицы.

В первом упражнении изучается зависимость длины витка циклоиды от напряженности электрического поля, поэтому необходимо подобрать значение индукции магнитного поля так, чтобы для максимально возможного электрического поля в области эксперимента наблюдался только один виток циклоиды. В полученных условиях проводят исследования. При этом эмпирически выявляется вклад поступательного движения в уравнении движения. Координаты x и y частицы автоматически на экран не выводятся. Для измерения координат студенту предоставляются две неподвижные линейки, снабженные подвижными измерительными линиями. Совмещая измерительную линию с некоторой точкой траектории, по линейке выполняется отсчет координаты. Для правильного измерения координаты необходимо хорошо представлять себе, координату какого положения частицы требуется измерить – например, координату положения, которое имела частица через время, равное периоду вращательного движения. Самокорректировка осуществляется через обращение к теории. Таким образом стимулируется активно-поисковая деятельность студента при выполнении компьютерной лабораторной работы.

По зависимости длины витка циклоиды от напряженности электрического поля восстанавливают зависимость периода вращательного движения частицы: $T = d \frac{B}{E}$ (d – длина витка циклоиды, E – напряженность электрического поля, B – индукция магнитного поля). Для этого актуализируется аналитическая зависимость $x(t)$, изложенная в теории (аналитическая зависимость положения частицы через одинаковые промежутки времени, равные периоду вращательного движения). Критерием правильности проведенных исследований яв-

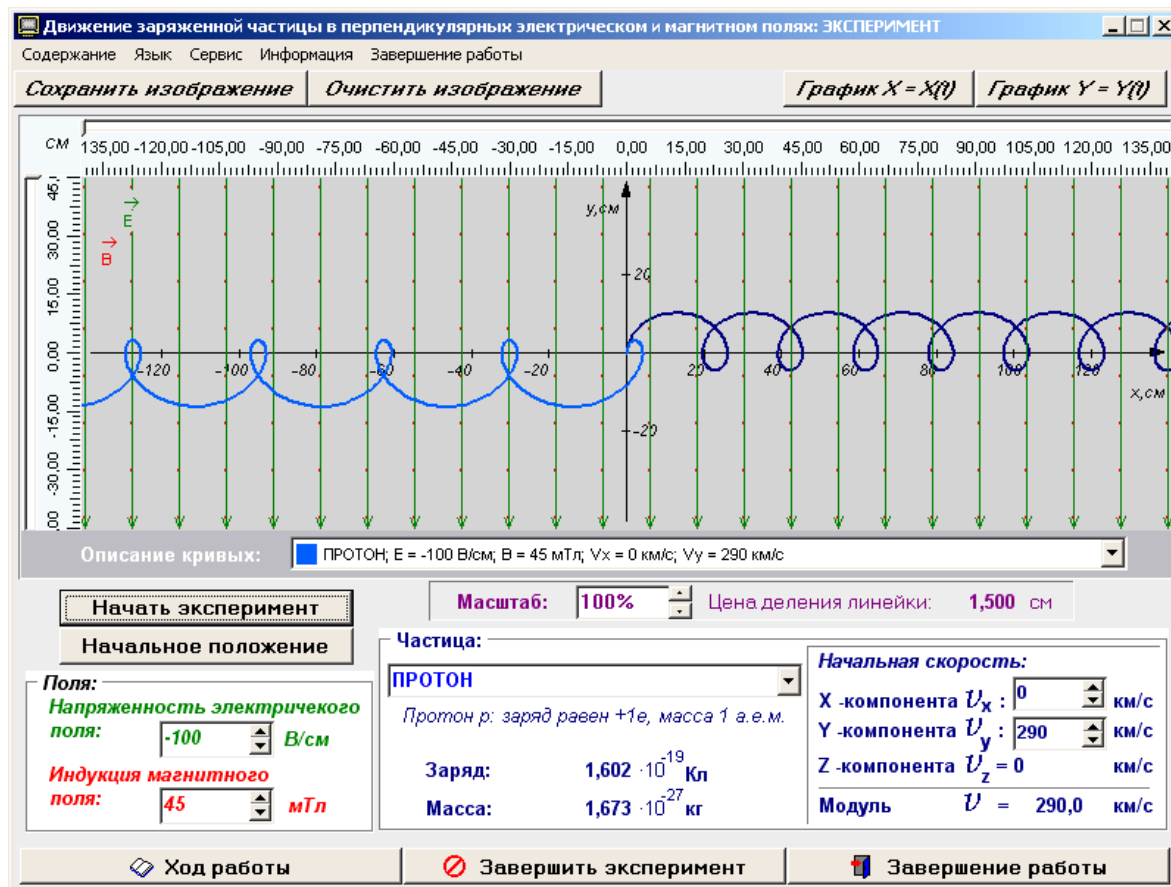


Рис. 3. Компьютерная моделирующая лабораторная работа «Движение заряженной частицы в перпендикулярных электрическом и магнитном полях»

ляется отношение заряда частицы к ее массе, которое может быть вычислено через частоту вращательного движения частицы $\omega = \frac{q}{m} B$, при этом актуализируется аналитическая зависимость характеристик вращательного движения от напряженности электрического поля (обращение к теории).

Аналогично проводят исследование зависимости периода и радиуса движения от индукции магнитного поля и начальной скорости частицы. В каждом упражнении предусмотрено построение графиков восстановленных студентами зависимостей. Вычисляется погрешность величины q/m , используемой для самоконтроля и контроля со стороны преподавателя. Последовательность выполнения упражнений и действий в каждом из них может быть произвольной, корректируется студентом самостоятельно. Например, некоторые студенты могут предложить свой способ измерения координат частицы.

При подведении итогов работы внимание студента акцентируется на ряде вопросов. Является ли движение заряженной частицы во взаимно перпендикулярных однородных стационарных электрическом и магнитном полях плоским? Как называются кривые, по которым движется частица в этих условиях? При каких условиях трохоида вырождается в циклоиду? Можно ли представить движение заряженной частицы в виде суперпозиции более простых движений? Каких? Каковы основные характеристики траектории частицы? Как они зависят от напряженности электрического поля, индукции магнитного поля и начальной скорости частицы? При ответе на эти вопросы студенты опираются на полученный ими практический опыт исследования модели, устанавливают соответствие между теоретическими выводами и личными наблюдениями.

Таким образом, при выполнении работы осуществляется постоянное обращение к теории, закрепляемое активной познавательной деятельностью по получению результатов.

Адаптация традиционной методики способствует активному внедрению данных программных дидактических средств в учебный процесс: студенты могут реализовать свою компьютерную компетентность; преподаватели имеют возможность всесторонне раскрыть сущность изучаемого вопроса, не отвлекаясь на детали работы с компьютером. По познавательной активности выполнение компьютерных лабораторных работ максимально приближено к работам натурного практикума. Эффективность проведения компьютерных лабораторных работ повышается.

Методика фронтального выполнения моделирующих лабораторных работ с элементами метода проектов, основой которой является фронтальное выполнение работ. В соответствии с данной методикой при фронтальном выполнении работы каждому студенту отводится самостоятельная область исследования в рамках общей задачи. Одновременно выполняя разные исследования на одной и той же лабораторной работе, студенты получают представление о широте проблем, связанных с данной задачей, учатся работать в коллективе. Появляется ответственность за свои результаты не только перед преподавателем, но и перед другими студентами, так как после окончания исследования студенты по указанию преподавателя обмениваются данными. При подведении итогов лабораторной работы каждый студент анализирует не только свои результаты, но и результаты своих товарищей. При этом каждый хорошо представляет, каким образом эти данные получены. Завершение работы над проектом происходит в форме коллективного обсуждения. Например, при изучении вынужденных колебаний каждый студент проводит исследования в своей среде и со своим маятником. Далее полученные результаты группируются по двум направлениям: для одинаковых маятников и для одинаковых сред. Проводится дополнительный анализ зависимости характеристик затухания от вязкости среды и массы маятника. Отличительной особенностью данной методики является то, что для ее осуществления изучаемая модель должна иметь достаточно большое количество параметров, чтобы обеспе-

чить студентам неперекрывающиеся области индивидуальных исследований в рамках общей задачи.

Методика выполнения компьютерных лабораторных работ в рамках *самостоятельной работы студентов*. Данная методика применялась нами при работе со студентами, проявившими интерес к изучению физических моделей в рамках самостоятельной работы. При этом студент может сам выбрать для изучения заинтересовавшую его работу из тех, которые не входят в учебный план.

Комплексное применение предложенных методик поможет длительно удерживать интерес студентов к работам лабораторного практикума, поэтому автором разработаны и практически реализованы в учебном процессе кафедры ТиЭФ ЕНМФ ТПУ следующие рекомендации по сочетанию различных методик в течение семестра (рис. 4).

Первая работа лабораторного цикла – моделирующая, выполняется фронтально (без элементов метода проектов), посвящена теме, являющейся базовой для данного цикла. Например, «Свободные колебания» в цикле «Колебания».

Далее выполняются несколько работ по адаптированной традиционной методике. В зависимости от количества часов в учебном плане маршрут может содержать как моделирующие, так и натурные лабораторные работы. Соотношение натурных и моделирующих работ определяется преподавателем в зависимости от специальности, по которой обучаются студенты, и их базовой подготовки.

В середине семестра моделирующая работа выполняется фронтально с элементами метода проектов. Для ее выполнения выбирается модель с достаточно большим количеством параметров, чтобы обеспечить максимальную возможность для более широкого выбора области индивидуальных исследований студентов. Например, «Вынужденные колебания».

После фронтального выполнения работы с элементами метода проектов студентам предлагают по желанию выполнить одну или несколько моделирующих работ, не вошедших в учебный план. Студенты ставят в известность, какие работы можно выполнить самостоятельно, где, в течение какого периода, какова форма отчетности и критерии оценки такой деятельности.

Далее вновь выполняются работы по адаптированной традиционной методике.

Последняя работа цикла – вновь моделирующая, выполняется фронтально с элементами метода проектов, носит обобщающий характер по всему циклу. Например, «Связанные колебания».

Данная последовательность открывает возможность обобщения теоретического материала не только на лекционных и практических занятиях, но и в лабораторном практикуме.

Глава 3. Экспериментальная проверка эффективности применения комплекса компьютерных моделирующих лабораторных работ в курсе общей физики технического вуза. Для практической проверки теоретических результатов диссертационного ис-

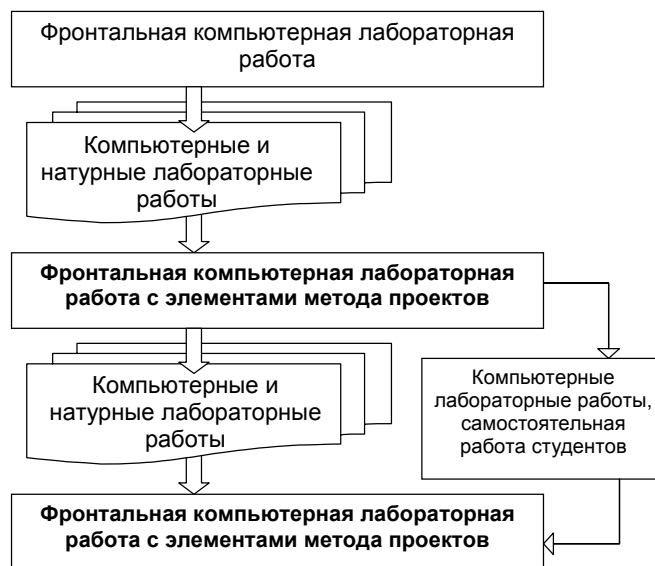


Рис. 4. Комплексное применение различных методик в течение семестра

следования проводился педагогический эксперимент. В соответствии с целями и задачами исследования были выделены следующие этапы педагогического эксперимента.

1. Изучение степени готовности студентов первого курса к выполнению и восприятию компьютерных моделирующих лабораторных работ.
2. Выделение из существующих операционных систем наиболее перспективной платформы для эффективного использования компьютерных моделирующих лабораторных работ в учебном процессе.
3. Изучение субъективного психологического восприятия студентами разработанного автором диссертационного исследования комплекса компьютерных моделирующих лабораторных работ.
4. Изучение объективного влияния циклов компьютерных моделирующих лабораторных работ на знания студентов по разделам «Колебания» и «Электрическое и магнитное поля».
5. Изучение объективного влияния компьютерных моделирующих лабораторных работ на формирование теоретических знаний студентов по курсу общей физики.
6. Выявление возможности корреляции между уровнем теоретических знаний студентов и долей компьютерных моделирующих лабораторных работ в физическом практикуме.

Педагогический эксперимент проводился на кафедре теоретической и экспериментальной физики (ТиЭФ) Томского политехнического университета в период с 2003 по 2006 гг.

Для изучения степени готовности студентов к выполнению и восприятию компьютерных моделирующих лабораторных работ среди студентов проводился опрос *«Оценка студентов уровня своей компьютерной грамотности»*. Статистическая обработка результатов опроса позволила получить следующие результаты и сделать выводы.

Согласно проведенному опросу среди студентов 1 курса с операционной системой Windows знакомы и имели опыт работы 98% опрошенных. По их собственной субъективной оценке 76% студентов владеют компьютером на уровне пользователя, причем 42% считают себя квалифицированными пользователями и 34% – неквалифицированными. О знании стандартного интерфейса различных прикладных программ и математических пакетов заявили 87% опрошенных. Только 24% школьников, поступивших в вуз, не умеют программировать. 59% студентов первого курса имеют персональный компьютер. Еще 15% студентов имеют постоянную возможность работать на компьютере своих знакомых или родственников. Только 9% студентов не имеют возможности самостоятельно работать на компьютере вне учебных аудиторий.

Эти данные позволили сделать следующие выводы: 1) студенты первого курса имеют достаточный опыт работы на компьютере, технически и психологически готовы к использованию специальных учебных программных средств; 2) наиболее перспективной для разработки этих программных средств является платформа операционной системы Windows.

Для изучения влияния компьютерных моделирующих лабораторных работ на психологическое состояние обучаемых среди студентов проводился опрос *«Субъективная оценка учебного содержания компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике»*. Большинство студентов (59%) при изучении методических указаний выделили некоторое количество новых знаний при опоре на известные им аспекты. Для основной массы (92%) самостоятельное изучение материала оказалось посильным. После выполнения компьютерных лабораторных работ 63% студентов подтвердили, что теперь (после выполнения работы) полностью поняли теоретический материал, на котором основана работа. Опрос выявил явный интерес студентов к выполнению компьютерных моделирующих лабораторных работ. Студенты отметили, что выполнять работу было: очень интересно – 23%; интересно –

57%; не очень интересно – 17%; не интересно – 2% и скучно – 1%. Несмотря на то, что многие студенты (45%) на момент опроса сделали уже более двух работ, подавляющее большинство (73%) хотели бы выполнить еще одну компьютерную лабораторную работу.

Для проверки влияния выполнения компьютерных лабораторных работ на усвоение материала по отдельным темам был проведен пробный педагогический эксперимент, кото-

рый включал в себя тестирование студентов по материалу одной темы. Для проведения эксперимента была выбрана тема «Колебания». Тестовые задания включали как материал школьного курса физики, так и материал курса общей физики вуза (14 вопросов). Необходимо было идентифицировать: 1) гармонические колебания; 2) свободные колебания; 3) затухающие колебания; 4) вынужденные колебания; 5) движение, являющееся результатом сложения двух одинаково направленных колебаний; 6) движение, являющееся результатом сложения нескольких (более двух) одинаково направленных колебаний; 7) движение, являющееся результатом сложения перпендикулярных колебаний; 8) фигуры Лиссажу; 9) биения; 10) колебания с переменным положением равновесия; 11) негармонические колебания; 12) пакет колебаний; 13) связанные колебания; 14) колебания с модуляцией. Первый этап тестирования проводился после того как лекционный материал по данной теме был прочитан. Второе контрольное тестирование проводилось после выполнения лабораторных работ (в конце семестра).

Результаты тестирования обрабатывались методами χ^2 и Стьюдента. Результаты в силу специфики эксперимента оценивались с доверительной вероятностью $\alpha = 0,90$. Критическое значение коэффициента Стьюдента для доверительной вероятности $\alpha = 0,90$ и числа степеней свободы $\nu = 26$ равно $t_{\alpha} = 1,706$. Критическое значение χ^2 для доверительной вероятности $\alpha = 0,90$ и числа степеней свободы $\nu = 13$ равно $\chi^2 = 19,8$.

Статистическая обработка результатов тестирования перед выполнением цикла лабораторных работ по данной теме показала, что коэффициент Стьюдента равен $t = 0,194$, а коэффициент χ^2 равен $\chi^2 = 12,35$. Оба коэффициента меньше приведенных выше критических значений, следовательно, обе группы (и контрольная, и экспериментальная) можно считать статистически равнозначными до начала педагогического эксперимента (рис. 5а).

Статистическая обработка результатов тестирования после выполнением цикла лабораторных работ по данной теме показала, что коэффициент Стьюдента равен $t = 1,815$, а коэффициент χ^2 равен $\chi^2 = 23,96$. Оба коэффициента превышают соответствующие критические значения, следовательно, в результатах тестирования контрольной и экспериментальной групп наблюдается статистически значимая разница (рис 5б). Разница наблюдается как на уровне среднего количества правильных ответов (критерий Стьюдента), так и по характеру распределения доли правильных ответов по вопросам (критерий χ^2).

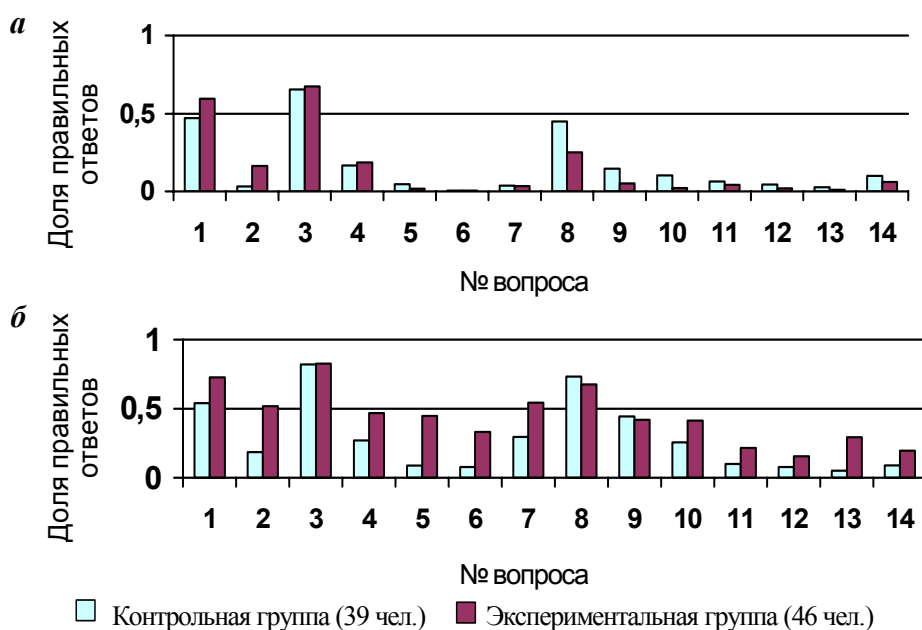


Рис. 5. Результаты тестирования по теме «Колебания»:
а) до выполнения лабораторных работ; б) после выполнения лабораторных работ

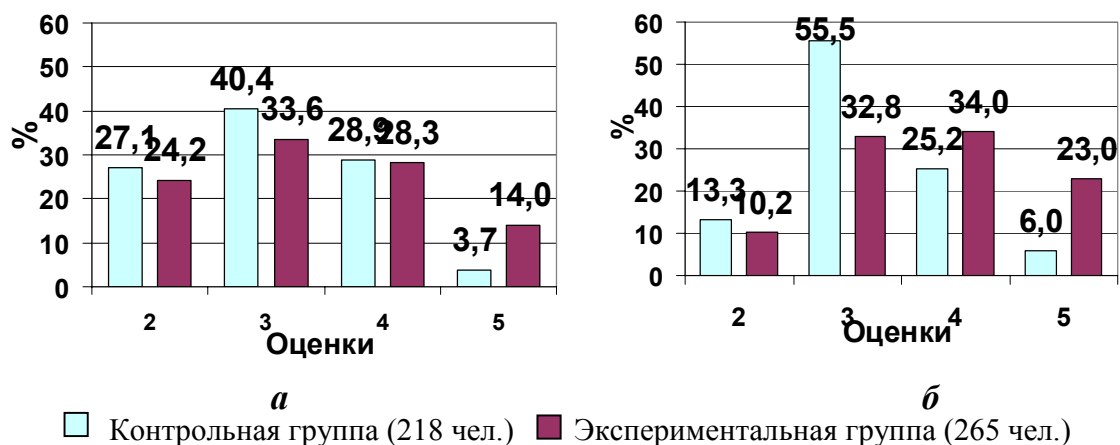


Рис. 6. Результаты первого теоретического коллоквиума (а) и экзамена (б) в контрольной и экспериментальной группах

Аналогичные результаты были получены при экспериментальном обучении по теме «Движение заряженной частицы в электрическом и магнитном полях», которое проводилось на другой выборке студентов.

По результатам теоретического коллоквиума в начале семестра и экзамена в конце семестра было проведено изучение *влияния компьютерных моделирующих лабораторных работ на формирование теоретических знаний студентов по курсу общей физики*. Из студентов, обучавшихся на кафедре ТиЭФ, были сформированы контрольная и экспериментальная группы, показавшие статистически равнозначные результаты на теоретическом коллоквиуме. Студенты контрольной группы выполняли только натурные лабораторные работы (218 чел.), а студенты экспериментальной группы наряду с натурными выполняли 3-5 компьютерных моделирующих лабораторных работ (265 чел.).

Критическое значение χ^2 для доверительной вероятности $\alpha = 0,999$ и числа степеней свободы $\nu = 3$ равно $\chi^2 = 16,27$. Статистическая обработка результатов экзамена показала, что коэффициент χ^2 равен $\chi^2 = 41,03$. Полученное значение превышает критическое, следовательно, в результатах экзамена в контрольной и экспериментальной группах наблюдается статистически значимая разница. Увеличение доли повышенных оценок на экзамене в экспериментальной группе по сравнению с контрольной нельзя назвать значительным (рис.6). Это связано с тем, что эффективность теоретической подготовки зависит не только от выполнения компьютерных моделирующих лабораторных работ, а лекционные и практические занятия и в контрольной, и в экспериментальной группах проводились традиционным образом. Тем не менее, следует отметить, что включение в учебный процесс компьютерных моделирующих лабораторных работ отражается не только на повышении интереса (мотивации) к физике, но и на уровне теоретических знаний студентов.

Обработка результатов экзаменационных оценок по критерию Пирсона позволила также выявить умеренную *корреляционную связь между количеством выполненных компьютерных моделирующих лабораторных работ и средней успеваемостью* студентов по курсу общей физики. Экспериментальное значение коэффициента корреляции равно 0,436, в то время как при 99% доверительной вероятности критическое значение коэффициента корреляции составляет 0,392. При установлении корреляционной зависимости использовались данные 765 студентов из 43 учебных групп.

Использование различных статистических методов для обработки результатов педагогического эксперимента и полученное при этом согласие в их интерпретации повышает достоверность проведенного диссертационного исследования.

Заключение. В ходе проведенных исследований получены следующие **результаты**:

- разработан комплект компьютерных моделирующих лабораторных работ, отвечающих выработанной концепции поэтапного усвоения теоретического материала;
- разработана последовательность различных методик организации изучения физических теоретических моделей с использованием компьютерных моделирующих лабораторных работ в рамках лабораторного физического практикума.

Проведенное исследование, подтвердившее выдвинутую гипотезу, позволило сделать следующие **выводы**:

- исходя из теоретического характера физических моделей и предметно-деятельностного характера их исследования, сформулирована педагогическая концепция и развита трактовка дидактических принципов проектирования и применения компьютерных моделирующих лабораторных работ;
- предложенная педагогическая концепция проектирования и проведения компьютерных моделирующих лабораторных работ способствует формированию познавательной деятельности студентов на высоком теоретическом уровне сложности;
- в процессе педагогического эксперимента подтверждено, что пренебрежение этапом изучения физических моделей в методике формирования навыков моделирования является неоправданным, в методике формирования экспериментальной компетентности выявлены теоретические и методические подходы, которые можно применять для изучения теоретических моделей, например, роль виртуальных приборов в формировании активно-поискового характера познавательной деятельности студентов;
- экспериментальная проверка гипотезы о позитивном влиянии компьютерных моделирующих лабораторных работ на результат изучения студентами теоретического материала курса общей физики проведена на достаточно большом статистическом материале и дала положительный результат.

Исходя из проведенных исследований, можно сделать вывод, что эффективность усвоения студентами технического вуза теоретического материала в курсе физики повышается, если для изучения физических теоретических моделей в лабораторном практикуме систематически используются компьютерные моделирующие лабораторные работы, спроектированные на основе выработанной концепции поэтапного усвоения теоретического материала и применяемые с учетом предлагаемых методик.

Благодаря предложенной концепции изменено представление о характере формируемой при выполнении компьютерных моделирующих лабораторных работ деятельности студентов. Так как деятельность по работе на компьютере является сформированной, то работы стимулируют развитие интеллектуальной деятельности по работе с абстрактным материалом в материализованной форме, формируют взаимосвязь абстрактных теоретических понятий и категорий математического аппарата с визуальным представлением модели. На основе специально разработанных упражнений развиваются такие виды умственной деятельности как выявление причинно-следственных связей, взаимоподчиненности различных теоретических категорий, анализ характера и особенностей проявления различных взаимосвязей в изучаемой системе.

Показано, что в отличие от натуральных лабораторных работ, где ориентировочная основа (в силу объективных причин) представляет совокупность частных, конкретных ориентиров, предоставляемых учащемуся в готовом виде, являясь, в большинстве случаев, неполной, при выполнении компьютерных моделирующих лабораторных работ, спроектированных на основе предложенной концепции, ориентировочная основа деятельности формируется самими студентами на основе полной системы обобщенных ориентиров. Это позво-

ляет формировать действия быстро, безошибочно, с большой устойчивостью и широтой переноса. Благодаря чему интенсифицируется учебный процесс.

Использование разработанных автором компьютерных моделирующих лабораторных работ в реальном учебном процессе позволило повысить мотивацию студентов к изучению такой общеобразовательной дисциплины как общая физика. Изучение теоретических моделей в рамках лабораторных занятий позволило сгладить противоречие между теорией и практикой в процессе изучения курса общей физики технического вуза, а также расширить область включенности моделирования в учебный процесс.

Предложенная концепция поэтапного усвоения теоретического материала в сочетании с активно-поисковым характером учебной деятельности позволяет перевести компьютерные лабораторные работы, направленные на изучение физических теоретических моделей, из средств объяснительно-иллюстративного метода в средства эвристического метода обучения. Наряду с углублением и интенсификацией усвоения теоретического материала курса физики, возрастанием мотивации учения, этот факт можно также считать показателем повышения эффективности компьютерных лабораторных работ как дидактического средства.

Результаты исследования достоверно подтверждают правильность выдвинутой концепции и гипотезы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Результаты исследования отражены в 25 публикациях, основными из которых являются:

1. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Роль компьютерных лабораторных работ в подготовке иностранных студентов по физике // Физическое образование в вузах. – 2005. – Т. 11, № 2. – С. 101-105.
2. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике: принципы разработки и опыт применения в учебном процессе // Физическое образование в вузах. – 2006. – Т. 12, № 2. – С. 85-95.
3. Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Развивающая роль компьютерных моделирующих лабораторных работ // Педагогическая информатика. – 2006. – № 2. – С. 52-56.
4. Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Развивающая роль компьютерных моделирующих лабораторных работ // Информатика и образование. – 2006. – № 2. – С. 120-123.
5. Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Эмпирическое изучение теоретических моделей в физическом образовании // Открытое образование. – 2006. – № 5. – С. 12-21.
6. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Комплекс компьютерных моделирующих лабораторных работ по физике *Laboratory Simulations 1.0* / М.: ВНИИЦ, 2005. – №50200501393. – 8 с.
7. Богданов О.В., Ревинская О.Г., Филимонов С.С. Компьютерные лабораторные работы как один из способов развития интереса к изучению физики // Материалы X Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные процессы в высшей школе» Краснодар, 23-26 сентября 2004 г. – Краснодар, 2004. – С. 98-99.
8. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Об опыте разработки, методического сопровождения и применения в учебном процессе компьютерных лабораторных работ по физике // Материалы VIII международной конференции «Физика в системе современного образования» (ФССО-05), Санкт-Петербург, май - июнь 2005 г. – СПб., 2005. – С. 556-558.
9. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г. Роль виртуального лабораторного практикума в углубленном изучении некоторых физических явлений // Материалы XVI Международной конференции «Применение новых технологий в образовании», Троицк, 28-29 июня 2005 г. – Тривант, 2005. – С. 353-355.
10. Кравченко Н.С., Ревинская О.Г., Стародубцев В.А. Инновационные технологии разработки и использования лабораторных работ по моделированию физических процессов на компьютере // Педагог. – 2005. – № 2(19). – С. 155-161.

11. *Ревинская О.Г.* Концепция формирования навыков мысленного физического эксперимента с помощью компьютерных моделирующих лабораторных работ // Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции «Инновационные процессы в высшей школе» Краснодар, 21-24 сентября 2006 г. – Краснодар, 2006. – С. 163-165.
12. *Ревинская О.Г.* Методические особенности изучения теоретических физических моделей с помощью виртуальных лабораторных работ // Материалы II межрегиональной научно-практической конференции с международным участием «Открытое образование: опыт, проблемы, перспективы», Красноярск, 15-17 мая 2006 г. – Красноярск, 2006. – С. 220-223.
13. *Ревинская О.Г., Стародубцев В.А., Федоров А.Ф.* Методология моделирования в физическом образовании // Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции «Новые образовательные технологии в вузе (НОТВ-2005)», Екатеринбург, 13-15 декабря 2005 г. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2005. – С. 163-166.
14. *Кравченко Н.С., Ревинская О.Г.* Лабораторный практикум по моделированию физических процессов на компьютере. Механика. Жидкости и газы. Колебания и волны. Электричество и магнетизм. – Томск: Изд. ТПУ, 2006. – 270 с.