

На правах рукописи

СЕЛИВЕРСТОВ Алексей Валентинович

СОВРЕМЕННЫЕ ЛЕКЦИОННЫЕ ДЕМОСТРАЦИИ
ПО РАЗДЕЛУ «ВОЛНОВАЯ ОПТИКА»
КУРСА ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

13.00.02 — теория и методика обучения и воспитания (физика)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Москва — 2005

Работа выполнена на кафедре общей физики физического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова.

Научный руководитель: кандидат физико–математических наук,
доцент Слепков Александр Иванович

Официальные оппоненты: доктор педагогических наук,
профессор Смирнов Александр Викторович;

доктор физико–математических наук,
профессор Кандидов Валерий Петрович

Ведущая организация: Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена

Защита состоится 8 июня 2005 г. в 15.00 на заседании Диссертационного совета Д 501.002.01 в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, г.Москва, ГСП–2, Ленинские горы, д.1, стр.2, физический факультет, ауд. ЮФА.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова по адресу: 119992, г.Москва, ГСП–2, Ленинские горы, д.1, стр.2.

Автореферат разослан ____ мая 2005 г.

Ученый секретарь
Диссертационного совета
к. ф.–м. н.

Лаптинская Т.В.

Общая характеристика работы

Лекционный эксперимент является важнейшим компонентом вузовского физического образования. Как и другие виды учебного эксперимента, он требует развивающейся и обновляемой материальной базы, использования современных технологий. Однако одним из последних крупных систематических исследований в этом направлении для высшей школы является труд коллектива авторов кабинета физических демонстраций физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова под редакцией проф. В.И. Ивероновой «Лекционные демонстрации по физике», последний раз переиздававшийся в 1972 г. Кроме того, в первой половине 80-х годов XX в. вышел ряд книг, описывающих использование лазеров в демонстрационном эксперименте. С тех пор и в науке, и в педагогических технологиях, и в системе высшего образования произошли серьезные изменения.

Изменение социально-экономической ситуации в стране привело к необходимости поиска и использования возможно менее затратных педагогических технологий. В применении к лекционному эксперименту это означало развитие компьютерного моделирования и, фактически, постепенную замену парка стареющего демонстрационного оборудования компьютерными программно-педагогическими средствами.

Но широчайшие возможности современных ПЭВМ могут служить и для развития натурального эксперимента. Мультимедийные технологии и элементная база современной техники, сделавшие за последние 10 лет огромный скачок вперед, позволяют создавать достаточно простые в реализации автоматизированные установки. Стало возможным как повторять на качественно новом уровне эксперименты, по праву считающиеся классическими, так и разрабатывать принципиально новые демонстрации. Особый интерес представляют собой количественные демонстрации, сочетающие наблюдение реального физического процесса или явления с применением различных методик и алгоритмов обработки получаемой информации с помощью компьютера в режиме реального времени. При этом относительная дешевизна таких элементов ПЭВМ, как звуковые карты или устройства видеозахвата, позволяет ориентироваться на их использование для развития лекционного эксперимента в широком круге учреждений высшего образования России.

Парк традиционных качественных экспериментов по волновой оптике также может быть существенно обновлен. Это связано с появлением и развитием новых видеопроекторных технологий, использующих, например, мультимедийные проекторы. Их применение способствует и более широкому использованию иллюстративных материалов, в том числе экранно-звуковых пособий. Через сеть Интернет доступно большое коли-

чество подобных материалов, посвященных современным фундаментальным и прикладным исследованиям в области оптики (от лазерного термоядерного синтеза до оптических методов дистанционного исследования поверхности Земли с искусственных спутников), но их использование на лекциях по общей физике затруднено сложностью поиска, отсутствием систематического каталога, адаптированного к нуждам высшей школы, и неразработанностью методики применения на лекциях.

Таким образом, наблюдается ряд **противоречий**: между устаревшим парком демонстрационного оборудования и потребностями вузов в лекционном эксперименте нового поколения, а также между имеющимися возможностями поддержки процесса преподавания курса общей физики в вузе современными лекционными демонстрациями и недостатком специальных приборов, отсутствием системного подхода к их созданию и неразработанностью методики их применения в практике преподавания. Эти противоречия определили **актуальность** проводимого исследования и выбор его темы: «Современные лекционные демонстрации по разделу «Волновая оптика» курса общей физики».

Объект проводимых исследований — преподавание раздела «Волновая оптика» курса общей физики.

Предмет исследования — цели, содержание, структура, методы, средства и формы лекционных демонстраций для раздела «Волновая оптика».

Гипотеза исследования, конкретизированная в ходе самого исследования, заключалась в следующем: создание и использование демонстраций, основанных на применении современных информационных технологий совместно с традиционной методикой проведения демонстрационного эксперимента для комплексного использования средств наглядности позволит повысить эффективность лекций по разделу «Волновая оптика» курса общей физики.

Целью исследования являлась разработка системы лекционных демонстраций по волновой оптике для использования в педагогической практике вуза в рамках курса общей физики.

Задачи исследования:

- анализ существующих средств лекционного сопровождения;
- выявление направлений развития лекционных демонстраций;
- формулировка комплекса требований к вновь создаваемым или модернизируемым лекционным демонстрациям;
- анализ возможных целей, содержания и структуры методической системы лекционных демонстраций;
- выявление содержащихся в курсе элементов знаний, требующих создания и/или модернизации лекционных демонстраций;

- создание в рамках разработанной методической системы ряда лекционных демонстраций по волновой оптике;
- проведение педагогического эксперимента в целях проверки гипотезы исследования.

В ходе исследования применялись следующие методы и виды деятельности:

- анализ методической, научно–технической и учебной литературы, диссертационных работ, учебных программ, каталогов учебного оборудования, в том числе доступных через сеть Интернет;
- конструирование и изготовление новых образцов демонстрационной техники;
- создание демонстрационных компьютерных программ;
- совершенствование учебных приборов и способов демонстрации известных экспериментов;
- системный подход к разработке, созданию и использованию лекционных демонстраций;
- обобщение и систематизация личного опыта и опыта коллег в области создания и использования демонстрационных экспериментов в высшей и средней школе;
- проведение педагогического эксперимента и анализ его результатов;
- обобщение и распространение результатов работы посредством публикаций, чтения лекций и ассистирования на лекциях, участия в научно–методических конференциях и т.п.

Базой исследования служили парк физических демонстраций Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, опыт и традиции преподавания физики в МГУ.

Научная новизна результатов исследования.

1. Введено понятие композитной демонстрации. Под композитной демонстрацией предложено понимать совокупность взаимосвязанных лекционных демонстраций различных видов (иллюстрации; натурные количественные и/или качественные эксперименты; модельные эксперименты), показывающих одно и то же явление с разных сторон и позволяющих осуществить сравнение результатов.
2. Комплекс требований к современным лекционным демонстрациям дополнен двумя требованиями: вариативность по цели и содержанию; соответствие программе курса с возможностью расширения и углубления содержания учебного материала.
3. Сформулированы требования к демонстрационным компьютерным программам: интерактивность; использование схематизированной экспериментальной установки в качестве метафоры интерфейса; оптимизация

содержания окна программы; реалистичность изображений; отображение количественных результатов; универсальность управления и его быстрота; подбор начальных параметров для получения наглядного результата моделирования; переносимость (интероперабельность).

4. Предложены критерии оценки эффективности систем лекционных демонстраций: объём знаний, действенность знаний, интерес к изучаемому материалу, осознание важности изучаемого материала.
5. Разработана методика проведения новых и модернизированных демонстраций по 6 темам раздела «Волновая оптика» курса общей физики.
6. Разработана методика проведения композитной демонстрации.
7. Разработана и реализована методическая система лекционных демонстраций.

Теоретическая значимость результатов исследования:

- показана целесообразность комплексного применения иллюстративных материалов и демонстрационных экспериментов на лекциях по волновой оптике;
- расширен понятийный аппарат методики учебного физического эксперимента, введено понятие композитной демонстрации;
- выявлены элементы знаний по волновой оптике, требующие лекционного сопровождения;
- сформулированы требования к средствам реализации лекционных демонстраций по волновой оптике.

Практическая значимость результатов исследования:

- разработаны и созданы 28 модельных, 7 натуральных количественных, 6 натуральных качественных и 13 композитных демонстраций по волновой оптике;
- модернизированы 1 модельная, 7 натуральных количественных и 13 натуральных качественных демонстраций по волновой оптике;
- разработаны методика показа вновь созданных и модернизированных лекционных демонстраций и описания методов, форм и приёмов по их использованию.

Созданные и модернизированные демонстрации могут быть использованы для экспериментальной поддержки преподавания раздела «Волновая оптика» курса общей физики в высшей школе.

Полученные в работе результаты могут быть применены для создания других лекционных демонстраций для различных разделов курса общей физики, что даёт возможность сделать учебный демонстрационный и лабораторный эксперимент значительно более современным.

Результаты педагогического эксперимента позволяют считать, что содержащиеся в диссертации выводы и рекомендации будут способствовать повышению эффективности обучения студентов физических и тех-

нических вузов, что свидетельствует о перспективности результатов исследования для внедрения в практику лекционной работы.

На защиту выносятся следующие положения.

1. Комплексное применение современных технологий, в том числе информационных, в сочетании с традиционными технологиями приводит к целесообразности введения понятия «композиционная демонстрация», которая представляет собой совокупность взаимосвязанных лекционных демонстраций различных видов, показывающих одно и то же явление с разных сторон и позволяющих осуществить сравнение результатов.
2. Требования, предъявляемые к вновь создаваемым или модернизируемым компьютерным программам, используемым в вузовских лекционных демонстрациях по волновой оптике, на современном этапе целесообразно дополнить следующими: интерактивность; использование схематизированной экспериментальной установки в качестве метафоры интерфейса; оптимизация содержания окна программы; реалистичность изображений; отображение количественных результатов; универсальность управления и его быстрота; подбор начальных параметров для получения наглядного результата моделирования; переносимость (интероперабельность).
3. Совокупность лекционных демонстраций по волновой оптике должна преследовать, в первую очередь, цели индуктивного получения знаний и проверки дедуктивно полученных знаний, а также учитывать цели мотивации учебной деятельности и иллюстрирования; по содержанию она должна соответствовать программе сопровождаемого курса, а по структуре — быть адекватной соответствующей научной теории.
4. Для оценки эффективности методики применения демонстраций на лекциях по волновой оптике целесообразно использовать следующие критерии: объём знаний; их действенность; мотивация учения; осознание обучающимися важности изучаемого материала.

Апробация результатов исследования осуществлялась в ходе участия автора в 14 научно-методических конференциях. Результаты исследования докладывались на следующих конференциях:

- Пятая международная конференция «Физика в системе современного образования» — Санкт-Петербург, 21–24 июня 1999 г.
- Шестая международная конференция «Физика в системе современного образования» — Ярославль, 28–31 мая 2001 г.
- II Международная научно-методическая конференция «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз» — Москва, 13–16 марта 2000 г.
- Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education. — Будапешт, 14–17 июня 2000 г.

- Съезд российских физиков–преподавателей «Физическое образование в XXI веке» — Москва, 28–30 июня 2000 г.
- VII учебно–методическая конференция стран СНГ «Современный физический практикум» — Санкт–Петербург, 28–30 мая 2002 г.
- Всероссийская научно–методическая конференция «Телематика'2002» — Санкт–Петербург, 3–6 июня 2002 г.
- 3–я международная конференция «Компьютерное моделирование 2002» — Санкт–Петербург, 6–8 июня 2002 г.
- Конференция «Оптика и образование–2002» — Санкт–Петербург, 16–17 октября 2002 г.
- Секция «Физическое образование в XXI веке: стандарты среднего и высшего профессионального образования» Научной сессии Московского педагогического государственного университета — Москва, 10–12 марта 2003 г.
- Первая Международная конференция «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий» (ELIT-I) — Санкт–Петербург, 30 июня–3 июля 2003 г.
- VII Международная конференция «Физика в системе современного образования» — Санкт–Петербург, 14–18 октября 2003 г.
- Секция «Физическое образование в XXI веке: стандарты среднего и высшего профессионального образования» Научной сессии Московского педагогического государственного университета — Москва, 10–12 марта 2004 г.
- Научная конференция «Ломоносовские чтения–2004». Секция физики. — Москва, апрель 2004 г.

Внедрение результатов исследования: описанные в диссертационной работе демонстрационные эксперименты используются в учебном процессе на физическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, физическом факультете МПГУ им. В.И. Ленина, в Санкт–Петербургском государственном университете информационных технологий, механики и оптики (СПбГУ ИТМО).

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (154 наименования) и 4 приложений. Диссертация содержит 215 страниц основного текста (всего 262 страницы), 22 таблицы, 45 рисунков.

Основное содержание диссертации

Во **введении** обсуждаются современные приоритеты в развитии образования; обосновывается актуальность темы исследования, формулируются гипотеза и тема исследования, его цель, задачи, методы исследования; выявляются новизна, теоретическая и практическая значимость исследо-

вания; сообщается об апробации исследования, о структуре диссертации и о содержании её основных частей; формулируются положения, выносимые на защиту; приводятся сведения о публикациях, отражающих основные идеи и результаты исследования.

В первой главе «Демонстрационный эксперимент на лекциях по волновой оптике в вузе (по данным литературы)» рассматриваются современные аспекты использования различных средств наглядности на лекциях в высшей школе. Анализируются предпосылки повышения эффективности лекционных занятий по общей физике: направленность лекции на активное восприятие студентами изучаемого материала, на формирование ими собственной точки зрения на основе наблюдений и размышлений; необходимость учёта особенностей восприятия различных людей и повышения количества визуальной информации. На основе анализа традиционных и новых форм учебной лекции выделены два подхода, применяемых в современных лекционных формах для повышения эффективности лекции: использование на ней элементов проблемного обучения и поиск новых возможностей реализации общедидактического принципа наглядности. Их можно реализовать на основе комплексного использования средств наглядности: натуральных (эксперименты, минералы, детали и модели машин), изобразительных (рисунки, фотографии), символических (схемы, таблицы).

На основе литературных данных описываются этапы развития демонстрационного эксперимента. Отмечается рост интереса отечественной педагогической общественности к учебному эксперименту в 60–80 годах XX века. Следующий этап развития эксперимента, в особенности оптического, был связан с применением новых технических средств: лазеров и ЭВМ. Распространение ЭВМ и ухудшение материально-технической базы российского образования в начале 1990-х привели к частичному вытеснению натурального эксперимента компьютерным моделированием, не требующим существенных финансовых затрат. В конце 1990-х этот процесс сменился разработкой новых натуральных экспериментов: как традиционных, реализуемых на новой материальной базе (например, демонстрационные комплекты, распространяемые РНПО «Росучприбор» и разработанные в НТЦ «Владис», НПФ «Системотехника», НПФ «Эккус») так и использующих новые информационные технологии для сбора, обработки и представления данных. Также новые информационные технологии стали применяться для демонстрации иллюстративных материалов, к которым относятся как традиционные наглядные пособия, так и современные средства: макеты, плакаты, кино- и диафильмы, слайды, фолии (транспаранты для графопроектора), видеозаписи на аналоговых и цифровых носителях, компьютерные иллюстрации и анимации и т.п.

Влияние учебного физического эксперимента на формирование физических понятий, развитие мышления, творческих способностей, практических умений учащихся и т.п. изучалась многими исследователями (Л.И. Анциферов, Г.М. Голин, В.А. Буров, Н.М. Зверева, О.Ф. Кабардин, С.Е. Каменецкий, А.А. Покровский, В.Г. Разумовский, И.М. Румянцев, А.В. Усова, С.А. Хорошавин, Н.М. Шахмаев и др.). В результате изучения методической литературы получены различные способы классификации демонстрационных экспериментов (по дидактическим целям, задачам, характеру и т.п.). Эти способы в дальнейшем применяются как для демонстрационных экспериментов, так и для иллюстративных материалов, объединяемых под общим названием лекционных демонстраций или средств лекционного сопровождения.

Были выделены четыре основных типа демонстраций, различающиеся по дидактическим целям применения на лекции:

1. Источник знания — аналог исследовательской формы научного эксперимента; позволяет получить новое знание индуктивным образом.
2. Критерий истинности — аналог проверочной формы научного эксперимента; позволяет проверить знание, полученное ранее дедуктивно.
3. Создание проблемной ситуации; служит для мотивации учебной деятельности.
4. Иллюстрация знания, сообщённого в готовом виде.

Также были выделены основные виды или формы реализации демонстраций:

1. Иллюстративные материалы.
2. Модельные эксперименты, в первую очередь компьютерные.
3. Натурные эксперименты:
 - качественные;
 - количественные.

Был сделан вывод о взаимосвязи между целями и задачами демонстраций, с одной стороны, и способом включения в учебное занятие, формой и средствами реализации, с другой.

Также рассмотрен опыт использования современных средств лекционного сопровождения в педагогической практике отечественной и зарубежной высшей школы, выявлены тенденции развития вузовского демонстрационного эксперимента. В качестве основных направлений выделены:

- наблюдение мелкомасштабных объектов и слабых световых полей;
- обработка или анализ изображений;
- проведение количественного эксперимента;
- моделирование процессов и явлений, непосредственное наблюдение которых невозможно или затруднено;
- изучение идеальных моделей.

Во **второй главе** «Лекционные демонстрации для раздела «Волновая оптика» как методическая система» показывается, что совокупность лекционных демонстраций можно построить таким образом, чтобы она обладала всеми признаками методической системы (содержанием, структурой, целостностью, полнотой, иерархичностью), и проведён анализ такой системы для раздела «Волновая оптика» курса общей физики.

Под содержанием этой системы понимаются её конкретные элементы — лекционные демонстрации различных типов и форм, использование которых взаимосвязано и взаимообусловлено. Её структура отражает взаимосвязи между различными элементами. Важнейшим признаком любой системы выступает её целостность — появление у данной совокупности элементов таких свойств, которых нет у каждого из них в отдельности. Целостность системы определяется полнотой состава элементов, взаимосвязями между ними, наличием целей у каждого из элементов и их связью с целью системы, которая не тождественна целям отдельных её элементов. Иерархичность проявляется во взаимодействии с другими методическими системами, например, системой изучения волновой оптики, системой лекций по данному разделу и т.п.

Основной целью такой системы является реализация общедидактического принципа наглядности, способствующая формированию знаний по разделу «Волновая оптика» на основе достижения дидактических целей, стоящих перед отдельными её элементами.

Каждая демонстрация имеет свои цели (направлена на решение определённых дидактических задач), тематику, форму реализации (вид); взаимосвязи между ними могут проявляться как на содержательном, так и на методическом уровнях.

Первый уровень взаимосвязей подразумевает наличие ряда элементов, связанных по содержанию (то есть относящихся к одному и тому же понятию) и являющихся звеньями единой структурной цепочки (опытные факты — гипотеза — модель — теория — проверка теории на практике).

Реализация взаимосвязей второго уровня заложена принципом комплексности использования средств обучения и может проявляться в различных формах демонстрации одного и того же явления: например, видеозапись, компьютерная модель, натурная демонстрация, символическое представление информации. Такой подход позволяет учесть особенности восприятия различных людей (слуховое, визуальное, дигитальное, кинестетическое).

Взаимосвязь между элементами системы обеспечивается применением принципа комплексности использования средств обучения. Для обеспечения целостности и полноты системы был проведён анализ структуры и содержания физической теории, выявление элементов знаний, для ко-

торых необходима та или иная форма иллюстрирования или экспериментального подтверждения.

Приводятся результаты анализа содержания курса волновой оптики, проведённого на основе ряда курсов оптики для высшей школы (учебники А.Н.Матвеева; Г.С.Ландсберга; И.В.Савельева; Н.И.Калитеевского; Д.В.Сивухина; И.Е.Иродова; С.А.Ахманова и С.Ю.Никитина; Е.М.Гершензона, Н.Н.Малова и А.Н.Мансурова). Предложен вариант выделения требующих лекционного сопровождения элементов знаний (см. табл. 1), которые объединены в несколько групп, соответствующих различным формам реализации демонстрационного эксперимента:

- объекты, явления, процессы;
- свойства;
- физические величины;
- принципы, методы, законы, количественные соотношения, теории;
- эксперименты, в том числе исторические и фундаментальные, технические приборы и устройства.

При наличии нескольких видов демонстраций, соответствующих одному и тому же элементу знаний, возникает возможность комплексного их использования и введения нового вида демонстрации. Совокупность взаимосвязанных лекционных демонстраций различных видов (иллюстрации; натурные количественные и/или качественные эксперименты, модельные эксперименты), показывающих одно и то же явление с разных сторон и позволяющих осуществить сравнение результатов, мы называем комpositной демонстрацией. Методика её проведения должна учитывать те характеристики объекта, явления или процесса, которые лектор счита-

Таблица 1

Пример выделения элементов знаний, требующих лекционного сопровождения, в теме «Преобразование и синтез световых полей»

Группы элементов знаний	Элементы знаний
Объекты, явления, процессы	Дифракция в оптических приборах. Голография.
Свойства, физические величины	Разрешающая сила оптических приборов.
Методы, законы, теории	Дифракционная теория формирования изображений.
Эксперименты, приборы	Опыты Аббе-Портера. Методы тёмного поля, фазового контраста. Голограммы Френеля, Фурье, Денисюка.

ет необходимым продемонстрировать аудитории. Поэтому при подготовке композитной демонстрации необходимо, во-первых, выделить нужные характеристики явления; во-вторых, разбить демонстрацию на несколько фаз, каждая из которых имеет связанную с определённой характеристикой конкретную дидактическую задачу (например, наблюдение явления, получение индуктивного вывода о взаимосвязи между видом изображения и длиной волны источника света и т.п.); в-третьих, для каждой фазы выбрать адекватную форму лекционной демонстрации (модельную или натурную, количественную или качественную). Оптимальным является сочетание, например, демонстраций, носящих различный характер (количественный и качественный) или имеющих разные формы реализации (натурную и модельную).

Методы использования лекционных демонстраций отражаются в следующих методиках: показа отдельных демонстраций, отбора демонстраций для конкретной лекции, включения в лекцию.

Методика демонстрации любого элемента системы должна соответствовать требованиям, выдвигаемым на основе общих принципов дидактики. Компьютерные модельные демонстрации имеют некоторые специфические особенности. Для реализации принципа наглядности необходимо учесть два аспекта: оптимальное построение интерфейса программы и реалистичность модельных изображений, позволяющую сравнивать их с изображениями, получаемыми в натурном эксперименте. В компьютерной демонстрации можно весьма эффективно использовать аналитическую и синтетическую тенденции, визуально связывая дедуктивно полученную информацию об объекте или явлении (например, функциональную зависимость интенсивности от координаты и её график) с непосредственно наблюдаемой картиной. Поэтому полезно воспроизводить те ситуации, с которыми студент сталкивается в процессе выполнения лабораторных работ в практикуме вуза.

Отбор демонстраций для лекции производится, в основном, эмпирическим путём. При этом, как правило, лектор использует уже известные ему демонстрации, а не ищет оптимальные формы применения средств наглядности для сопровождения определённого фрагмента учебного курса. Для реализации всего спектра дидактических задач необходимо на этапе планирования лекции выделить элементы знаний, которые будут представлены на лекции в соответствии с учебной программой курса и требуют сопровождения, а затем определить стоящую перед каждой демонстрацией дидактическую задачу. Такой способ отбора позволяет разнообразить не только тематику демонстраций, но и формы их проведения, не перегружая при этом лекцию повторяющимися экспериментами, но выдвигает два новых требования:

- демонстрация должна быть вариативной по цели, то есть должна при различной методике использования позволять решать ряд дидактических задач;
- демонстрация должна соответствовать программе курса, но одновременно иметь возможность расширения и углубления учебного материала.

Кроме того, для комpositных демонстраций возможна также вариативность по содержанию, то есть возможность включения в состав различного набора демонстраций.

Основной формой использования средств наглядности является их демонстрация на лекциях. Однако при использовании в демонстрациях новых информационных технологий становятся возможными и другие формы: например, внелекционная, то есть самостоятельная работа студентов (в библиотеке или компьютерном классе вуза) с модельными программами при подготовке к семинарам или выполнению лабораторных работ, близких к демонстрациям по тематике. Для части демонстрационных программ также возможно и дистанционное использование по телекоммуникационным каналам (сети Интернет) при условии разработки соответствующей методики их использования.

Далее в главе анализируются средства современных лекционных демонстраций: учебно-наглядные пособия, лабораторное оборудование, технические средства обучения.

При рассмотрении экспериментального оборудования формулируются основные технологические требования, которые должны выполняться при совершенствовании имеющихся и создании новых лекционных экспериментов:

- замена устаревшего оборудования: его обновление с сохранением функциональных возможностей или модернизация с расширением функциональности;
- построение демонстраций на относительно дешевых и распространенных элементах;
- создание технологических модулей, находящих применение в ряде демонстраций.

Рассмотрены вопросы применения устройств АЦП и ЦАП, видеокамер и устройств видеозахвата в демонстрационном эксперименте, приведены примеры их использования для модернизации натурального эксперимента. Проанализирована возможность и описаны примеры применения видеокамер из систем видеонаблюдения в демонстрационном эксперименте по оптике.

При анализе демонстрационных программ выделяются их отличия от других видов программно-педагогических средств, формулируются тре-

бования к ним, разделенные на два класса: дидактические и эргономические. Отдельно обсуждаются требования, предъявляемые к интерфейсу демонстрационных программ по оптике. В качестве метафоры интерфейса предложена схематизированная экспериментальная установка. Структура интерфейса модельной программы приведена на рис. 1.

Отдельно выделено требование реалистичности получаемых изображений, предложена технология его реализации: воспроизведение цвета немонахроматического излучения и воспроизведение яркости изображения. Для адекватного воспроизведения цвета излучения применена методика расчёта цветовых координат на основе законов Грассмана в цветовом пространстве Максвелла с их последующим переводом в цветовое пространство устройства отображения. Корректное воспроизведение относительной яркости участков изображения основано на законе Вебера–

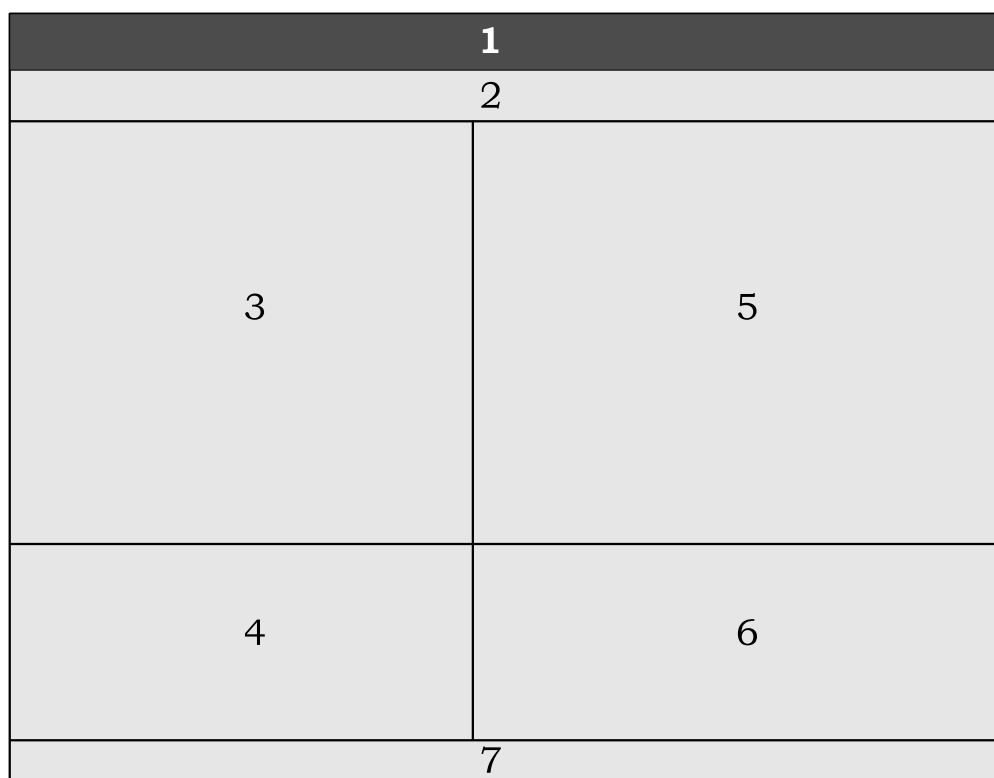


Рис. 1. Структура интерфейса демонстрационной программы: 1 — область отображения названия модельной демонстрации; 2 — строка меню; 3 — схема экспериментальной установки; 4 — область ввода дополнительных параметров; 5 — наглядный результат моделирования; 6 — количественный результат моделирования; 7 — область для вспомогательной информации.

Фехнера и учитывает нелинейность передаточной функции устройств отображения. В главе приведены типичные цветояркие характеристики для различных устройств отображения.

В заключение главы анализируется понятие эффективности использования методической системы лекционных демонстраций по волновой оптике. Рассмотрена методика Р.В. Даминова, оценивающая эффективность демонстрационного эксперимента по трём основным параметрам: облику (воздействию на восприятие слушателей), устойчивости (востребованности эксперимента) и потенциалу (потенциальной аудитории эксперимента). Показана недостаточность этой методики при оценке современных лекционных демонстраций. Предложено строить критерии оценки эффективности, исходя из определения самого этого понятия.

За основу было взято определение, данное П.В. Зуевым: «Эффективность обучения — это мера достижения учеником и учителем позитивного результата учебного познания в ходе их совместной деятельности при рациональном использовании ресурсов субъектов этой деятельности и среды, в которой происходит процесс обучения». Согласно этой трактовке, эффективность демонстраций необходимо оценивать, исходя из степени достижения результата. Поэтому на основе компонентов функциональной грамотности учащихся по физике и аспектов оценки эффективности обучения были выделены следующие критерии оценки эффективности системы демонстраций:

1. Объём знаний студентов.
2. Действенность их знаний.
3. Интерес студентов к изучаемому материалу.
4. Осознание студентами важности изучаемого материала.

Эти критерии впоследствии используются для оценки эффективности системы демонстраций по волновой оптике.

Третья глава «Примеры реализации лекционных демонстраций по волновой оптике» является конкретизацией и переводом на методический и практический уровень тех идей, которые в общедидактическом плане были высказаны в предыдущей главе. При изложении демонстрации объединены по форме реализации в следующие группы: компьютерные модельные; натурные качественные; натурные количественные; композитные.

Описание всех реализованных демонстраций проводится по общей схеме: цель демонстрации, её идея, описание установки (реальной или моделируемой), методика демонстрации и основные наглядные результаты. Кроме того, для компьютерных программ описывается их интерфейс.

При описании компьютерных модельных демонстраций приводятся описания четырёх демонстраций: «Кольца Ньютона», «Интерферометр

Майкельсона», «Интерференционное просветление оптики» и «Формирование оптического изображения». В качестве основной программной среды разработки программ был выбран пакет Borland Delphi (для семейства ОС Microsoft Windows)/Borland Kylix (для семейства ОС Linux). Его использование позволяет создать программы с малым временем выполнения, работающие под управлением различных операционных систем и имеющие эргономичный интерфейс. Пример модельной программы приведён на рис. 2.

Первые две из описанных модельных демонстрации соединяют аналитическую и синтетическую тенденции. Они позволяют получить как количественные, так и качественные результаты — графики зависимостей интенсивности от координаты и соответствующее им наглядное изображение.

Для натуральных качественных демонстраций анализируются возможности применения видеопроекционных систем, предлагается вариант реализации такой системы. Описываются три натурные демонстрации, в полной мере реализующие преимущества использования современных технологий перед классическими способами показа: «Кольца Ньютона», «Опыт Юнга» (изучение влияния пространственной и временной когерентности света на вид интерференционной картины), «Модовый состав излучения лазера».

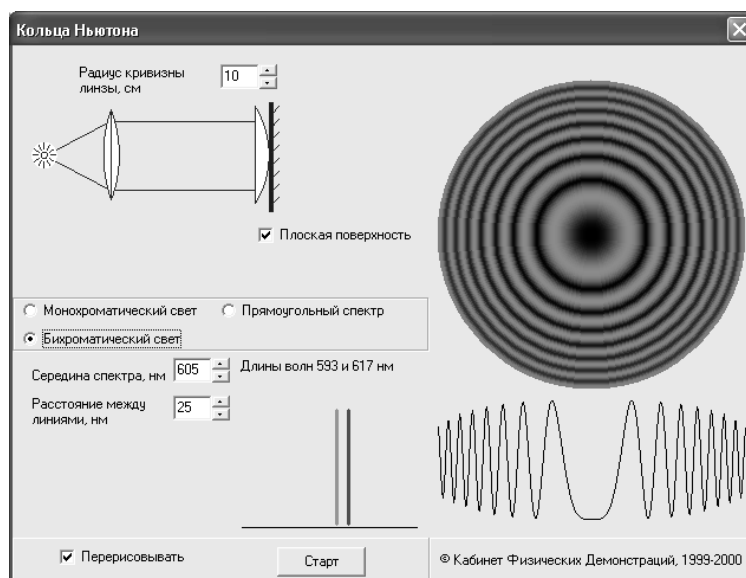


Рис. 2. Пример демонстрационной программы «Кольца Ньютона».

При обсуждении принципов построения натуральных количественных демонстраций описываются реализованные автоматизированные демонстрационные аппаратно–программные комплексы (на основе ЦАП/АЦП и на основе устройств видеозахвата). В качестве иллюстрации приводятся описания трёх демонстраций: «Закон Малюса», «Рассеяние поляризованного света» и «Измерительный интерферометр» (восстановление поверхности разности фаз между интерферирующими световыми пучками).

При описании реализованных композитных демонстраций приводятся пять примеров, объединяющие в себе компьютерную модель и натуральный эксперимент: «Кольца Ньютона», «Интерферометр Майкельсона», «Пространственная и временная когерентность», «Формирование оптического изображения», «Специальные методы наблюдения». Эти демонстрации объединяют в себе количественный и качественный натуральный, а также модельный эксперимент.

Приведём пример построения композитной демонстрации «Кольца Ньютона». Её цель: изучение основных закономерностей интерференции монохроматического и немонхроматического света в схеме с делением амплитуды. Идея демонстрации: наблюдение и моделирование интерференционной картины (колец Ньютона) в системе из плоской и выпуклой стеклянных пластин при наблюдении в отраженном свете. Данная демонстрация объединяет в себе натурную качественную и модельную демонстрации. Такое сочетание позволяет преодолеть ограничения, присущие как натурной, так и модельной демонстрациям, и решить следующие задачи:

- наблюдение зависимости вида интерференционной картины от спектральных характеристик источника света: вида спектра (моно-, би- или полихроматический), длины волны;
- наблюдение зависимости вида интерференционной картины от параметров установки;
- установление связи между шириной спектра и длиной когерентности излучения;
- сопоставление результатов натурального эксперимента и математического моделирования.

В соответствии с этими задачами строятся основные фазы демонстрации.

1. Демонстрация колец Ньютона в свете лампы накаливания (натурная). *Наблюдение явления.*
2. Демонстрация в свете лампы накаливания со светофильтром (натурная). *Вывод о связи между количеством наблюдаемых колец и длиной когерентности используемого для наблюдения света.*
3. Наблюдение в разных светофильтрах (натурная). *Вывод о связи поло-*

жения полос (колец) и длины волны света.

4. Наблюдение в монохроматическом свете, изменение его длины волны и радиуса кривизны поверхности пластины (модельная). *Вывод о характере связи положения полос (колец) и длины волны света, а также радиуса кривизны поверхности.*
5. Наблюдение в свете люминесцентной лампы (натурная). *Вывод о связи вида функции спектральной плотности с характером изменения контрастности интерференционной картины.*
6. Наблюдение в бихроматическом свете (модельная). *Наблюдение характера изменения контрастности интерференционной картины.*
7. Наблюдение в полихроматическом свете (модельная). *Вывод о связи длины когерентности света с его спектральным составом. Сравнение результатов моделирования с картиной, наблюдаемой в натурном эксперименте.*

Всего в процессе работы было создано и модернизировано 75 лекционных демонстраций по различным темам (см. табл. 2).

Все созданные демонстрации нашли своё применение в лекционной практике физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова и других вузов России.

В **четвёртой главе** «Организация, проведение и результаты педагогического эксперимента» описывается проведение констатирующего, поискового и обучающего этапов эксперимента по проблеме исследования.

Целью эксперимента являлась проверка гипотезы исследования. Перед экспериментом ставились следующие основные задачи:

1. Выяснение необходимости создания и использования новых средств на-

Таблица 2

Количество созданных и модернизированных лекционных демонстраций (по темам)

Название темы	Количество
Электромагнитные волны	4
Интерференция света	22
Дифракция света	19
Преобразование и синтез световых полей	15
Поляризация света	4
Излучение, поглощение, рассеяние света	9
Использование оптических методов в других разделах курса общей физики	2

глядности на лекциях по общей физике.

2. Выяснение необходимости создания методической системы лекционных демонстраций.
3. Проверка результативности комплексного применения средств наглядности, разработанных в рамках системы лекционных демонстраций с учётом предъявляемых ею требований, в решении обучающих задач высшей школы.

Общая характеристика эксперимента приведена в табл. 3.

В ходе констатирующего этапа педагогического эксперимента были получены следующие результаты:

1. Профессоры, читавшие лекции по разделу «Волновая оптика» курса общей физики, считали необходимым расширение арсенала средств лекционного сопровождения за счёт модернизации имеющихся демонстраций, создания новых, подбора иллюстративных материалов.
2. Анализ научно-методической литературы и мнений лекторов физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова позволил утверждать, что применение современных информационных технологий в сопровождении лекций по общей физике является востребованным преподавателями.
3. Изучение литературных источников показало продуктивность комплексного использования средств наглядности, а также системного подхода к организации демонстрационного эксперимента.
4. Были выявлены следующие предпосылки повышения эффективности лекций:
 - направленность на активное восприятие; на формирование собственной точки зрения на основе наблюдений и размышлений;
 - необходимость учёта особенностей восприятия различных людей и повышения количества визуальной информации.

При выборе методов поискового и обучающего этапов педагогического эксперимента учитывались такие факторы, как малое число вузов с необходимым оборудованием, малое число лекторов и демонстраторов, готовых внедрять новые лекционные демонстрации, разработанные в сторонней организации. В качестве основного метода педагогического эксперимента было выбрано экспериментальное преподавание, включающее наблюдение за студентами в процессе учебных лекций, а также беседы с лекторами и студентами и их анкетирование.

Результаты проведения поискового этапа эксперимента:

1. Предложена тематика лекционных демонстраций, которые необходимо разработать.
2. Выбраны способы использования современных информационных технологий в лекционных демонстрациях по волновой оптике.

Таблица 3

Общая характеристика этапов педагогического эксперимента

Задачи	База	Методы исследования
Констатирующий (1999–2000 гг)		
Выявление современного состояния вузовского демонстрационного эксперимента; определение понятия «лекционная демонстрация»; выявление целесообразности создания новых лекционных демонстраций.	МГУ (ок. 100 чел.)	Изучение научно-методической литературы, беседы с преподавателями; экспертные оценки лекторов, читающих курс оптики; опросы студентов.
Поисковый (2000–2003 гг)		
Уточнение тематики создаваемых демонстраций; выявление требований к средствам их реализации; поиск форм и методов применения лекционных демонстраций.	МГУ, СПбГУ ИТМО (ок. 630 чел.)	Экспериментальное преподавание с использованием разработанных лекционных экспериментов и методик их демонстрации; беседы с преподавателями; оценки.
	РГПУ (20 чел.)	Анкетирование лекторов по общей физике вузов России
Обучающий (2002–2004 гг)		
Анализ результатов применения современных лекционных демонстраций; подтверждение влияния на эффективность лекций по волновой оптике.	МГУ, СПбГУ ИТМО (ок. 570 чел.)	Экспериментальное преподавание с использованием элементов системы лекционных демонстраций на лекциях по волновой оптике; тестирование студентов; анкетирование студентов; экспертные оценки.

3. Установлены требования к лекционным демонстрациям по волновой оптике, а также требования к элементам их реализации — компьютерным программам.
4. Создана модель интерфейса компьютерной программы для использования в лекционных демонстрациях по волновой оптике.
5. Создан ряд компьютерных модельных демонстраций.
6. Создан и модернизирован ряд натуральных (как качественных, так и количественных) демонстраций.

7. Введено понятие о новом виде лекционных демонстраций — композитной демонстрации.
8. Предложены новые формы использования лекционных демонстраций — дистанционная и внеаудиторная.

Влияние новых лекционных демонстраций на объём знаний студентов и действенность этих знаний проверялись в ходе тестирования студентов 2 курса естественнонаучного факультета СПбГУ ИТМО. Курс был разбит на два потока: экспериментальный, лекции по волновой оптике на котором читались с применением новых лекционных демонстраций (в т.ч. композитных), и контрольный, где использовались только традиционные демонстрации. Тестирование по теме «Интерференция света» состояло из 8 задач, к каждой из которых предлагалось по 5 вариантов ответа. Среднее количество решённых задач на потоках оказалось различным: на контрольном — 3,7 задачи, на экспериментальном — 4,9 задачи.

Интерес студентов к изучаемому материалу и осознание ими важности этого материала выявлялись в ходе анкетирования студентов 3 курса физического факультета МГУ им. М.В.Ломоносова, где также были выделены два потока: экспериментальный и контрольный. Анкетирование показало, что интерес к изучаемому предмету выше на экспериментальном потоке: 64% его студентов отметили конкретные запомнившиеся им лекционные демонстрации; на контрольном потоке таких студентов было всего 45%. Слушатели экспериментального потока также более высоко оценили роль лекций в учебном процессе, чем слушатели контрольного потока. При ранжировании видов учебных занятий (лекции, семинары, практикум) по важности (от «-1» — «наименее важные» до «+1» — «наиболее важные») в контрольной группе лекции получили среднюю оценку - 0,41, а в экспериментальной — - 0,16.

Результаты проведения обучающего этапа эксперимента:

1. Результаты проведенного педагогического эксперимента показывают, что применение разработанных в рамках единой методической системы элементов лекционного сопровождения способствует более глубокому усвоению студентами теоретических знаний.
2. Использование этих элементов на лекциях по общей физике позволяет углубить рассмотрение ряда как традиционных, так и новых вопросов без увеличения объема самого курса.
3. Созданная система средств лекционного сопровождения позволяет планировать направления развития и обновления парка демонстраций физического кабинета вуза.
4. Созданные элементы лекционного сопровождения находят свое применение в учебной практике не только физических, но и технических вузов.

В **заключении** сформулированы итоги проведенного исследования и обозначены пути дальнейших исследований.

В **приложениях** приведены список разработанных лекционных демонстраций, вариант выделения требующих лекционного сопровождения элементов знаний по волновой оптике, классификационная схема демонстраций, функции для воспроизведения цвета излучения.

Основные результаты

1. Проведён анализ методической, научно–технической, учебной литературы и диссертационных исследований, посвящённых проблеме использования демонстрационного эксперимента на лекциях по общей физике, а также вопросам применения современных информационных технологий в преподавании волновой оптики.
2. На основании результатов констатирующего эксперимента обоснована актуальность создания новых лекционных демонстраций и аудиовизуальных средств.
3. Комплекс дидактических требований к лекционным демонстрациям дополнен двумя требованиями: 1) вариативности демонстраций по цели и содержанию; 2) соответствия демонстраций программе курса с возможностью расширения и углубления содержания учебного материала.
4. Определены следующие дидактические и технологические требования к демонстрационным компьютерным программам: 1) интерактивности; 2) использования схематизированной экспериментальной установки в качестве метафоры интерфейса; 3) оптимизации содержания окна программы; 4) реалистичности изображений; 5) отображения количественных результатов; 6) универсальности управления и его быстроты; 7) подбора начальных параметров для получения наглядного результата моделирования; 8) переносимости (интероперабельности).
5. Предложена технология реализации компьютерных модельных демонстраций, формирующих реалистичное изображение.
6. Создана методическая система лекционных демонстраций по волновой оптике, целями которой являются индуктивное получение знаний, проверка дедуктивно полученных знаний, а также мотивация учебной деятельности и иллюстрирование знания, полученного в готовом виде. По содержанию она соответствует программе раздела «Волновая оптика» курса общей физики, а по структуре — волновой теории света.
7. Выявлены элементы знаний по волновой оптике, требующие лекционного сопровождения, и для каждой группы элементов знаний предложены адекватные виды демонстраций.
8. Введено понятие композитной демонстрации, представляющей собой совокупность взаимосвязанных лекционных демонстраций различных

видов, показывающих одно и то же явление с разных сторон и позволяющих осуществить сравнение результатов. Разработана методика проведения композитной демонстрации.

9. Создано и модернизировано 75 лекционных демонстраций разных видов (натурных качественных, натурных количественных, модельных компьютерных, композитных).
10. Разработана методика проведения новых и модернизированных демонстраций по 6 темам раздела «Волновая оптика» курса общей физики: «Электромагнитные волны», «Интерференция света», «Дифракция света», «Преобразование и синтез световых полей», «Поляризация света», «Излучение, поглощение, рассеяние света».
11. Разработанные демонстрации внедрены в учебный процесс ряда классических, технических и педагогических университетов Российской Федерации.
12. Экспериментально проверена эффективность применения разработанных лекционных демонстраций на лекциях по волновой оптике и показано влияние их применения на объём знаний студентов, действенность этих знаний, интерес студентов к изучаемому материалу и осознание ими важности изучаемого материала

Основные идеи и результаты исследования отражены в следующих **публикациях:**

1. Селиверстов А.В., Слепков А.И. Систематизация средств сопровождения лекций как способ повышения научно-методического уровня учебного процесса. // Актуальные вопросы преподавания физико-технических дисциплин: Сб. науч. трудов. — Пенза, 2004. — С.39–45.
2. Селиверстов А.В., Дунин М.С. Использование устройств видеозахвата в лекционном эксперименте по физике. // Физическое образование в вузах. Т.8, №3, 2002. — С.97–102.
3. Kudryashov A.V., Seliverstov A.V. Adaptive stabilized interferometer with laser diode. // Optics Communications, v. 120, iss. 5–6, 1995. — P. 239–244.
4. Селиверстов А.В. Волновая оптика. Распространение света. Интерференция света. Дифракция света. Двойное преломление и поляризация света. Геометрическая оптика. Свет, пойманный веществом. // Энциклопедия для детей. Том 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц. / Глав. ред. В.А. Володин. — М., Аванта+, 2000. — С. 58–89.
5. Алешкевич В.А., Больных И.К., Нифанов А.С., Селиверстов А.В. Организация учебно-информационного WWW-сервера Кафедры общей физики физфака МГУ. // Пятая международная конференция «Физика в системе современного образования» (ФССО-99). Тез. докл. Том 1. — С.-Пб., 1999. — С.39.

6. Селиверстов А.В., Чурикова Ю.В., Якута А.А. Использование функций цветового соответствия для адекватного отображения цвета при компьютерном моделировании оптических задач. // Тез. докл. II Международной научно-методической конференции «Новые технологии в преподавании физики: школа и вуз». — М., 2000. — С.105–106.
7. Akhmetiev V.M, Iroshnikov N.G, Korjikov A.M, Seliverstov A.V. Modern Computer Demonstrations for General Physics Course. // Second European Conference on Physics Teaching in Engineering Education. 14–17 June 2000, Budapest, Hungary. Abstracts. — P.38.
8. Селиверстов А.В., Дунин М.С. Некоторые количественные лекционные демонстрации по физической оптике. // Тез. докл. Съезда российских физиков-преподавателей «Физическое образование в XXI веке». — М., 2000. — С.242.
9. Селиверстов А.В., Чурикова Ю.В., Якута А.А. Использование функций цветового соответствия при компьютерном моделировании оптических задач. // Тез. докл. Съезда российских физиков-преподавателей «Физическое образование в XXI веке». — М., 2000. — С.243.
10. Селиверстов А.В., Дементьев Ю.Н. Учебный комплекс по оптике на основе лазерной указки. Шестая международная конференция «Физика в системе современного образования» (ФССО-01). Тез. докл. Т. II. — Ярославль, 2001. — С.207.
11. Селиверстов А.В., Дунин М.С. Использование устройств видеозахвата в лекционном эксперименте по физике. Современный физический практикум. Сборник тез. докл. — С.-Пб., 2002. — С. 260–261.
12. Зинчик А.А., Боярский К.К, Монахов В.В, Селиверстов А.В. Создание электронных средств учебного назначения общего и профессионального образования. // Труды Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2002». — С.-Пб., 2002. — С.237–238.
13. Зинчик А.А., Стафеев С.К., Селиверстов А.В. Виртуальные оптические демонстрации удаленного доступа. // Труды 3-й международной конференции «Компьютерное моделирование 2002». — С.-Пб., 2002. — С. 134.
14. Зинчик А.А., Стафеев С.К., Селиверстов А.В. Сетевой виртуальный лабораторный практикум по оптике в режиме on-line доступа. // Сб. тр. Конференция «Оптика и образование-2002». — С.-Пб., 2002. — С. 61–62.
15. Селиверстов А.В., Козлов И.В., Дунин М.С., Кувшинов Д.А. Лекционные демонстрации по физике лазеров, их применению и свойствам лазерного излучения. // I Международная конференция «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий» (ELIT-1). Программа и тез. докл. — С.-Пб., 2003. — С.22.

16. Селиверстов А.В., Якута А.А. Принципы построения комплексов для количественного лекционного эксперимента по физике. // I Международная конференция «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий» (ELIT-1). Программа и тез. докл. — С.-Пб., 2003. — С.27–28.
17. Стафеев С.К., Зинчик А.А., Селиверстов А.В., Козлов И.В. Создание и использование компьютерных демонстраций по оптике. // I Международная конференция «Образование в области лазеров, лазерных воздействий и технологий» (ELIT-1). Программа и тез. докл. — С.-Пб., 2003. — С.30–31.
18. Селиверстов А.В., Слепков А.И. Система лекционного сопровождения для изучения волновой оптики на физическом факультете МГУ. // Физика в системе современного образования (ФССО-03): Труды седьмой Международной конференции, т.1. — С.-Пб., 2003. — С.124–125.
19. Селиверстов А.В., Шапаронов В.М., Кувшинов Д.А. Наблюдение низкоскоростных воздушных потоков интерферометрическими методами в лекционном и исследовательском эксперименте. // Физика в системе современного образования (ФССО-03): Труды седьмой Международной конференции, т.1. — С.-Пб., 2003. — С.125–127.
20. Стафеев С.К., Зинчик А.А., Селиверстов А.В., Козлов И.В. Опыт создания и сетевого использования компьютерных демонстраций по оптике. Физика в системе современного образования (ФССО-03): Труды седьмой Международной конференции, т.1. — С.-Пб., 2003 — С.131–132.
21. Селиверстов А.В. Современные технологии и методики лекционного эксперимента по оптике на физическом факультете МГУ. // Ломоносовские чтения-2004. Секц. физики. Сб. расширенных тез. докл. Ч. 2. — М., Физич. ф-т МГУ, 2004. — С. 162–167.