

изображений (волоконная оптика, оптические компьютеры, трехмерная фотография, микролинзовая литография и др.). В данной работе проводится макетирование образцов этой необычной оптики, их экспериментальное исследование и сравнение с обычными сферическими линзами.

Для получения планарных образцов в работе использовались различные методы. Были выполнены расчет таких элементов (типа зонных пластинок), фотографическим методом изготовлены экспериментальные образцы фокусирующих элементов, содержащих до 17 зон. Размеры таких планарных элементов варьировались в пределах 10...5 мм. Другой метод заключается в приготовлении прозрачной в видимом диапазоне композиции, обладающей определенным распределением показателя преломления. Трехмерное распределение показателя преломления в таких средах является основным условием для изменения их оптических свойств. Для получения оценочных оптических характеристик можно приближенно считать распределение показателя преломления сферически симметричным. В докладе проводится обсуждение основных этапов изготовления планарного образца таким методом. Были выполнены оценочные расчеты оптических характеристик получаемых образцов: фокусного расстояния -  $f$  и диаметра фокального пятна -  $d$ . Результаты эксперимента удовлетворительно совпадают с полученными численным путем параметрами, что позволяет сделать вывод о допустимости используемых приближений.

## УЧЕБНОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФИЗИКИ

*С.М. Мурашко*

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент *Г.А. Заборовский*

*Белорусский государственный педагогический университет им. М.Танка*

Учебное компьютерное моделирование является важным компонентом изучения физики. В настоящее время применяется целый ряд инструментов, позволяющих решать разнообразные как по цели, так и по исполнению задачи моделирования.

С целью выбора наиболее эффективных инструментов и методов нами проведено сравнение возможностей реализации учебных моделей по физике с помощью различных программных средств общего и специального назначения: Interactive Physics, Excel+VBA, MathCad, Visual Basic, Delphi. Мы рассмотрели особенности построения ряда типичных учебных моделей из трех разделов курса общей физики: механика (движение точки в гравитационном поле, удар шаров, сложение колебаний, физический и математический маятники), электричество (взаимодействие зарядов, электростатическое поле, электрические цепи постоянного тока), оптика (отражение и преломление света, оптические приборы, интерференция, дифракция).

По способу реализации можно выделить три типа моделей: 1) модели, не использующие программно-языковое описание, 2) частично использующие программно-языковое описание (в виде макросов, скриптов и т.п.), 3) модели, полностью описываемые языком программирования. По роли и месту в учебном процессе созданные нами модели охватывают широкий спектр применений: от простых демонстраций до виртуальных лабораторных работ. Каждое программное средство имеет свои инструменты и методы, использование которых наиболее эффективно лишь для определенных категорий объектов, явлений или процессов.

Модели первого типа могут создаваться с помощью программных средств общего назначения (например, электронных таблиц Excel или математических систем MathCad). Наиболее эффективная сфера их применения - численный эксперимент, графическая иллюстрация физических законов и процессов. Использование элементов управления Excel существенно расширяет эту сферу, обеспечивая интерактивное управление параметрами.

Широкое распространение в последнее время получили конструкторы моделей и виртуальных миров. Нами создан ряд моделей по механике в среде Interactive Physics. Основное достоинство – возможность моделирования поведения довольно сложных физических объектов без знания программирования.

Реализация моделей второго типа требует привлечения дополнительных инструментов и элементов программирования, например VBA. При этом довольно просто моделируются физические процессы в динамике, например, при изучении колебаний и волн.

Модели третьего типа создаются в тех случаях, когда требуется большая точность расчетов или особый тип визуализации. При этом необходимо самим построить как физическую, так и математическую модель, а также обеспечить управление (интерактивный интерфейс) и вывод результатов расчетов в наглядной форме (визуализация). Для разработки таких моделей нами использованы системы программирования: Visual Basic и Delphi.

В качестве примера рассмотрим модель электрического поля нескольких зарядов. В этой задаче требуется по известному положению зарядов, их величине и знаку построить силовые и эквипотенциальные линии электрического поля. Математическая модель довольно сложна и сводится к решению системы дифференциальных уравнений. Такую модель очень трудно реализовать программными средствами общего назначения, например Excel. Нами разработан конструктор моделей "Поле системы зарядов" в системе Visual Basic. Реализация этой задачи в системе Delphi аналогична. В заключение отметим, что разные среды программирования отличаются подходами и несколько разными средствами для создания моделей, однако использование дополнительных библиотек практически стирает границы между ними.

## НЕЙРОСЕТЕВАЯ АППРОКСИМАЦИЯ ФОТОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

*П.В. Назаров, Е.В. Макарова*

Научный руководитель – д.ф.-м. н., профессор *В.В. Ананасович*  
*Белорусский государственный университет*

Задача определения неизвестных параметров различных экспериментальных систем является одной из основополагающих во многих областях науки. Важнейший этап при этом – адекватный анализ экспериментальных данных. Однако из-за сложности проведения анализа доступных данных, на практике зачастую приходится прибегать к упрощенной трактовке эмпирической информации и фокусировке на отдельных интегральных значениях. Особенно остро данная проблематика характерна для изучения фотофизических процессов в биомолекулярных образованиях при исследовании их флуоресцентными методами [1]. Таким образом, возникает проблема адекватного анализа данных флуоресцентного эксперимента.

Одним из наиболее перспективных методов интерпретации экспериментальных данных оптической спектроскопии, является метод имитационного моделирования [2]. Для построения имитационной модели сложной системы достаточно обладать информацией об элементарных процессах, происходящих в ней, и иметь представление о структуре системы, тогда как стандартное математическое моделирование предполагает наличие полного аналитического описания поведения системы и знание законов распределения всех стохастических параметров, что редко осуществимо на практике. В то же время, определение параметров систем с помощью имитационного моделирования затруднено, поскольку сопряжено со значительными вычислительными затратами. Как правило, идентификация системы осуществляется путем аппроксимации экспериментальных данных результатами моделирования, при этом используются стандартные методы многопараметрической оптимизации [3]. Очевидно, что в этом случае число пусков моделирования совпадает или даже превосходит число вычислений функции невязок. Во многих случаях высокие временные затраты не позволяют применять такой подход для идентификации систем. Поэтому, актуальной является разработка методов и алгоритмов, позволяющих снизить вычислительные и временные затраты при определении параметров систем с помощью статистического моделирования.

Для решения этой проблемы была предложена методика замены имитационной модели искусственной нейронной сетью (ИНС), т.е. моделью типа "черного ящика". При этом искомые и варьируемые в эксперименте параметры выступают в качестве входов такой модели, а аппроксимирующие данные – в качестве выходов. До начала анализа ИНС обучается задаче аппроксимации имитационной модели. Для этого генерируется репрезентативная выборка