

“Оптический конструктор” - пример моделирующей программы

Моделирование явлений, изучаемых в рамках геометрической оптики, является хорошим примером поэтапного приближения к реальности при визуализации известных простых физических моделей.

Разработка электронной моделирующей программы-учебника по курсу геометрической оптики “Оптический конструктор” была начата уже после того, как авторами был накоплен определенный опыт работы по созданию аналогичной продукции в области моделирования движения частиц в силовых полях. Эта программа изначально разрабатывается для операционной системы Windows и исполь-

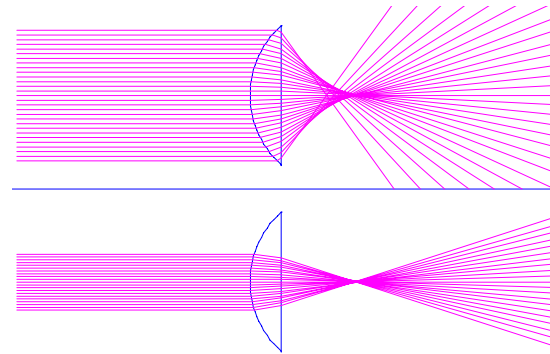


Рисунок 7. Пример расчета преломления параллельного светового пучка в тонкой линзе: а) точный расчет в рамках геометрической оптики, б) параксиальное приближение.

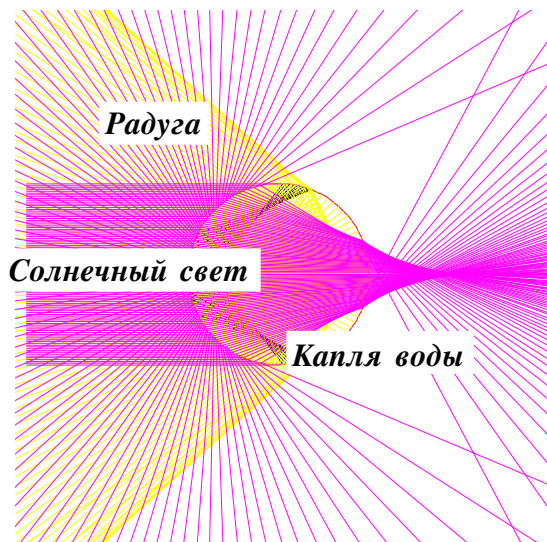


Рисунок 8. Схема образования радуги. На рисунке показан ход параллельного монохроматического пучка света в капле воды. Области сгущения лучей соответствуют усилению света, приводящему к появлению более яркой радуги на фоне светлого неба.

зует многие предоставляемые ею возможности.

Основу моделирующей части учебника составляют библиотеки объектов, мо-

делирующих реальные элементы оптических систем лучевой оптики, например, отражающие, преломляющие и поглощающие поверхности первого и второго порядков, источники и приемники света, среды с переменным показателем преломления. Только перечисленных объектов оказывается достаточно для создания практически неограниченного набора демонстраций и задач не только по элементарной физике, но и по серьезным курсам по оптике, читаемым для будущих профессионалов в этой области. Набор библиотек объектов, используемых программой, не является ни фиксированным, ни жёстко ограниченным. Подключение новых библиотек не требует перекомпиляции самой программы. Используя разные библиотеки объектов, можно легко адаптировать программу к самым разнообразным условиям применения, включая и возможность проведения научных расчётов. Такой модульности структуры программы удалось добиться благодаря использованию объектно-ориентированного программирования и технологии динамического связывания (DLL).

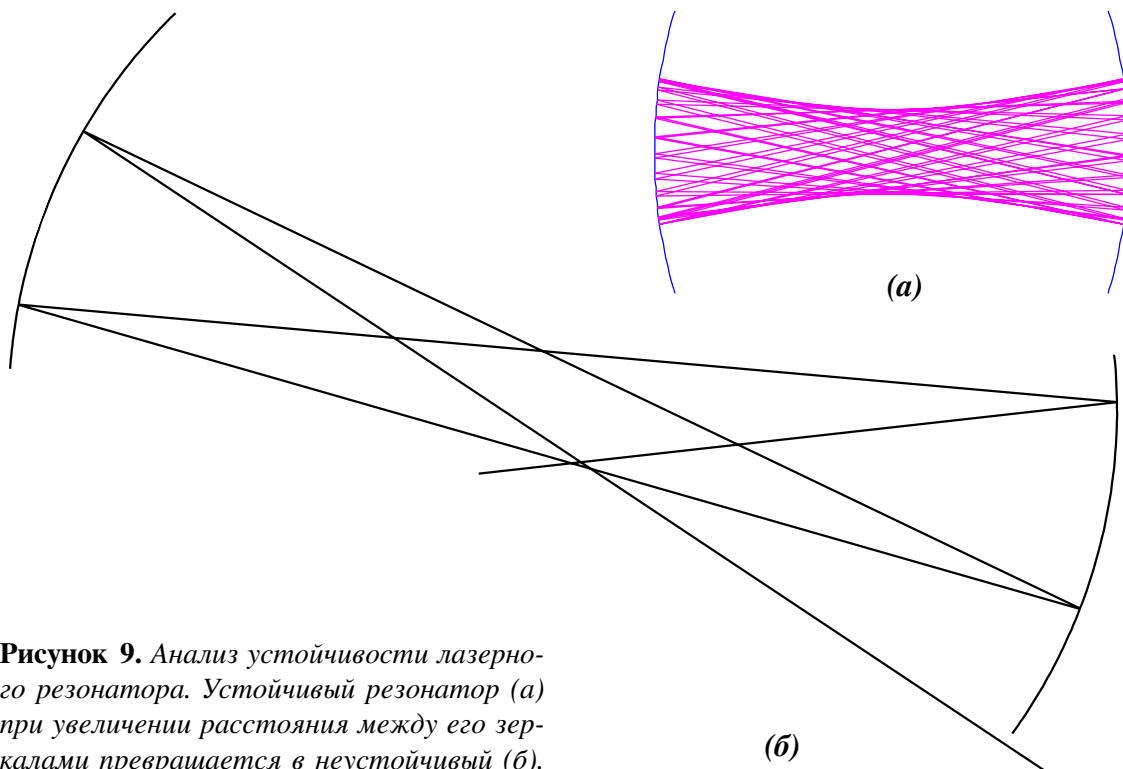


Рисунок 9. Анализ устойчивости лазерного резонатора. Устойчивый резонатор (а) при увеличении расстояния между его зеркалами превращается в неустойчивый (б).

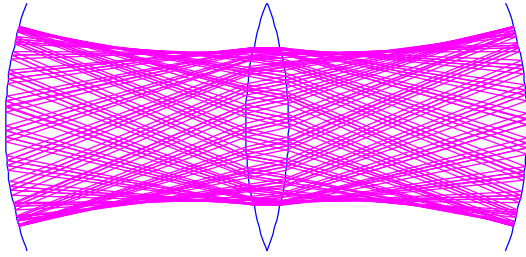


Рисунок 10. Анализ устойчивости лазерного резонатора с линзой.

В настоящее время разрабатывается набор компьютерных демонстраций по следующим темам: “Основные законы геометрической оптики”, “Центрированные оптические системы”, “Принцип Ферма”, “Оптические приборы”, “Аберрации”, “Поверхности второго порядка”, “Световоды”, “Оптические резонаторы”, “Оптические иллюзии”, “Оптические явления в атмосфере”.

В отличие от многих других существующих программ, состоящих из набора демонстраций и позволяющих лишь изменять предусмотренный набор параметров в заданных пределах, данная программа позволяет практически неограниченно изменять сами демонстрации, в том числе и добавлять в неё любые новые объекты. Это отражено словом “конструктор” в её названии. Любой пользователь, как преподаватель, так и ученик, взяв за основу любую из приложенных демонстраций либо просто начав с “чистого листа”, может создать собственный модельный эксперимент, описывающий интересующую его задачу.

Отличительной особенностью данной программы является отсутствие традиционного для инженерных расчетов оптических систем параксиального приближения: расчет траекторий лучей осуществляется в соответствии с точными законами геометрической оптики (рис. 7). Такой подход в случае расчета сложных оптических систем оказывается более предпочтительным, так как не требует последующих трудоемких уточнений путем учета аберраций (поправок третьего, пятого порядков).

Дальнейшее развитие моделирующей части учебника планируется осуществлять путем включения в него новых объектов, моделирующих диспергирующие и нелинейные среды. Кроме этого, представляется целесообразным введение еще как минимум двух типов объектов, моделирующих световые потоки: параксиальные лучи и гауссовы пучки. Предполагается ввести учёт потерь интенсивности при преломлении света (формулы Френеля) и учёт поляризации света. Одновременное построение на экране параксиальных пучков и лучей, распространяющихся по “точным траекториям” (разумеется, в рамках приближения геометрической оптики) позволит наглядно демонстрировать возможности и недостатки использования параксиального приближения для расчетов реальных систем. Введение же в конструктор объектов типа гауссовых пучков позволит существенно расширить круг решаемых с его помощью задач за счет учета явления дифракции.

В качестве примера заведомо непараксиальной задачи можно привести демонстрацию по теме “Классическая теория радуги” [9]. Результаты моделирования хода лучей в капле воды (рис. 8) по-

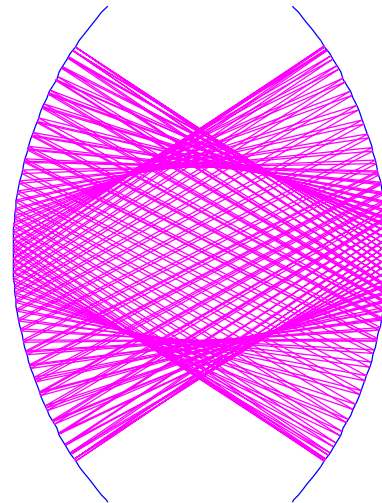


Рисунок 11. Анализ устойчивости непараксиальных лучей в конфокальном лазерном резонаторе. Наблюдается существование внутренних каустик.

казывают, что в результате их отражений и преломлений в пространстве образуются конические поверхности, вблизи которых происходит группировка лучей и, следовательно, усиление света. Именно этот эффект позволяет наблюдать радугу на фоне светлого неба.

В качестве примеров использования "Оптического конструктора" при проведении наукоемких расчётов можно привести компьютерное моделирование при изучении проблемы устойчивости резона-

торов оптических квантовых генераторов (лазеров) (рис. 9), расчеты по согласованию резонаторов друг с другом и с внутррезонаторными оптическими элементами (рис. 10). Несколько неожиданным для специалистов в указанной области оказалось наличие внутренних каустик (рис. 11).

Несмотря на всю свою сложность, программа нормально работает даже в среде Windows 3.1 с оперативной памятью от 4 Мб.

Литература.

1. Бутиков Е.И. Движение планет и спутников. Законы Кеплера. Сер. Компьютерные модели в физике // Изд-во ЦПО "Информатизация образования". - СПб: 1995, 60с.
2. Чирцов А.С. Многоцелевой компьютерный учебник по фундаментальному курсу физики. Раздел: "Движение частиц в однородных силовых полях" // Вестник С.-Петербургского ун-та, сер. 4 (физ., хим.), вып.1 (N4), февр.1997, с.103-106.
3. Григорьев И.М., Денисов Г.С., Тарабухин Е.В. Учебная лаборатория по физике и химии: имитационные модели спектральных приборов в реальном времени // В сб. "Информационные технологии в образовании (тезисы 8 Межд. конф. выставки Москва 1998 г.) - Направление "Е", с. 29.
4. Бутиков Е.И. Физика колебаний // Сер. "Компьютерные модели в физике". - СПб: Изд-во Ин-та новых технологий, 1993, 115 с.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. "Теоретическая физика", т. 2. - М: "Наука", 1988, с.270.
6. Чирцов А.С., Колинко К.П., Никольский Д.Ю. Многофункциональный компьютерный учебник по фундаментальному курсу физики. Разделы: "Движение частиц в силовых полях", "Релятивистская динамика", "Геометрическая оптика" // В сб. Тр.IV Межд. Конф. "Физика в системе современного образования". - Волгоград: 1997.
7. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. // Наука, М., 1966 г., 632 с.
8. Моррисон М. Java 1.1. Энциклопедия пользователя. // Пер. с англ., ДиаСофт, 1998, 784 с.
9. Хюлст, В. Рассеяние света малыми частицами. - М: Изд-во иностр. лит., 1961, 536 с.