

ИЗ ИСТОРИИ СТАНОВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМА

Наиболее простое, *первое поколение* компьютерного практикума (для машин на платформе IBM, под управление OS DOS) было разработано нами как адаптация к учебным целям программы, созданной в соавторстве с И. В. Кривяковым при выполнении научно-исследовательской работы. В нем предусмотрено исключение рутинных операций набора повторяющихся исходных данных; имеется защита от неправильного введения параметров моделирования; реализована возможность последовательной вариации (цикла) для любого из 8-12 параметров и граничных условий вычислительного эксперимента; возможно запоминание экранного отражения результатов работы с указанием значений параметров расчетов (для защиты работ, зачета и т. д.).

Любая из программ пакета работ позволяет показать на одном рисунке семейство характеристик процесса (в фазовом или обычном координатном пространстве), при циклическом изменении одного из параметров. Для всех работ практикума унифицирована процедура введения данных, предусмотрена процедура быстрого выхода *из любого места* программы.

Более совершенное *второе поколение* работ практикума было создано в соавторстве с В. М. Малютиным при вводе в учебный процесс компьютерных классов на базе локальной сети компьютеров фирмы Apple Computer «Macintosh».

Иначе была решена проблема интерфейса: клавиатура практически не используется, реализован принцип «посмотри и выбери с помощью мышки». Изменение величин параметров достигается при нажатии соответствующих стрелок рядом с каждым параметром. Представление результатов моделирования одновременно отражается на двух экранных полях, например, во временной развертке и в пространственной, или в обычном координатном представлении и в фазовом пространстве.

Наблюдение за ходом развития процесса в двух его аспектах расширило дидактические возможности практикума, способствовало увеличению диапазона получаемых «экспериментальных» данных и комплексной оценке результатов моделирования.

Третье поколение компьютерных работ разработано с использованием средств Tool Book Instructor для компьютеров, совместимых с платформой IBM. Основной педагогической целью практикума поставлена разработка инновационных заданий к лабораторно-практическим занятиям. Вместо иллюстративно-объяснительного подхода использованы принципы инструментально-деятельностного, частично-поискового и развивающего методов обучения.

Сохранена возможность варьирования многих параметров, запоминания результатов и их вывода на печать. Интерфейс приближен к виду, обычно используемому на Web-сайтах Интернета. При выполнении работы на экране открываются несколько (два или три) окна, например, окно задания, окно выполнения эксперимента и окно составления отчета.

Модуль оформления отчета по выполненной работе содержит графический редактор, позволяющий производить рисунки «от руки» (мышью компьютера). Это позволяет расширить спектр операциональной деятельности студентов в процессе выполнения заданий, развить координацию движений, способствует визуальному запоминанию учебного материала. Кроме того, рисунки оказываются индивидуализированными и являются своеобразной подписью исполнителя работы (совпадение рисунков указывает на заимствование чужих результатов).

В качестве иллюстраций на рис. 1-15 представлен вид некоторых экранных страниц нескольких работ, выполняемых на компьютерах Macintosh (цветные изображения преобразованы в оттенки серого цвета).

Эффект Доплера и образование ударных волн

На первой странице работы представлен коллаж иллюстраций смещения линий оптических спектров от движущихся источников и основной идеи

эффекта – изменений длины волны в зависимости от положения наблюдателя. В справочном разделе (обязательный раздел всех работ практикума) приведены основные теоретические положения, указано назначение управляющих элементов, даны рекомендации по оформлению отчета по работе.



Рис. 1. Первая экранная страница работы «Эффект Доплера и образование ударных волн»

Здесь же имеются документальная фотография процесса образования облака конденсации паров воды в атмосфере на фронте ударной волны, создаваемой реактивным самолетом при прохождении им звукового барьера, документальная фотография сверхзвукового движения пули, страница сайта МГУ, на которой воспроизведены результаты современных исследований дипольной структуры микроволнового фонового излучения, а также линий излучения водорода в спектрах далеких галактик (иллюстрация красного смещения линий излучения, доказывающее факт космологического расширения Вселенной).

Эти данные используются на водно-мотивационной части работы, показывая современные применения классического эффекта, закономерности

которого студентам необходимо изучить в процессе выполнения компьютерного моделирования.



Рис. 2. Вторая страница с вызванным справочником-инструкцией к работе

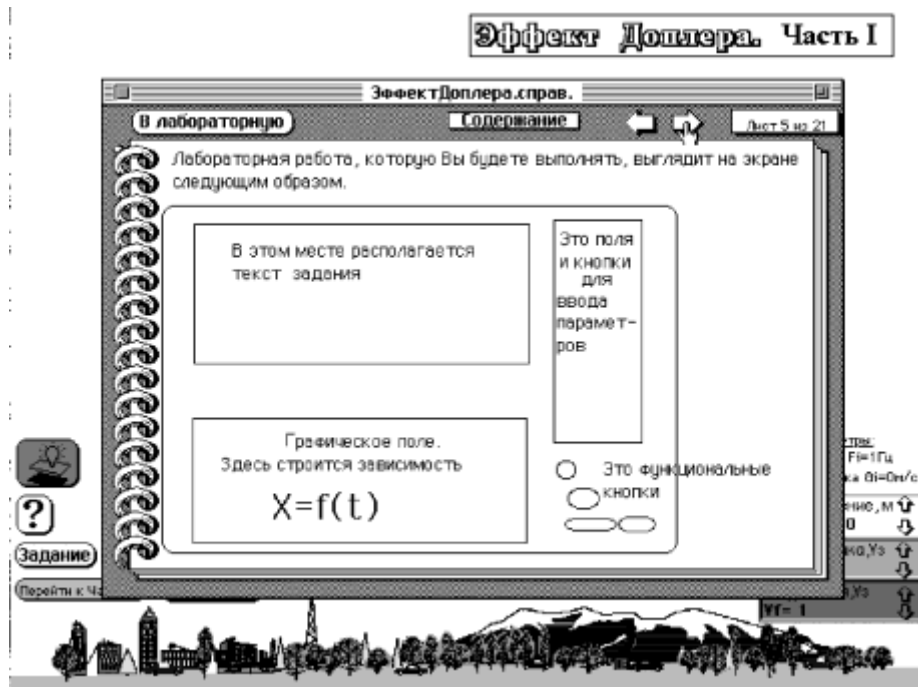


Рис. 3. Пояснения к информации, предъявляемой на экране компьютера



Рис. 4. Содержание методических указаний к работе

Результаты моделирования отображаются на фоне достаточно условного пейзажа, источник звуковых волн представлен перемещающимся символом самолета. Таким образом, от ранее показанной студентам фотографии реального объекта и создаваемого им процесса мы переходим к их условным обозначениям в виртуальном пространстве.

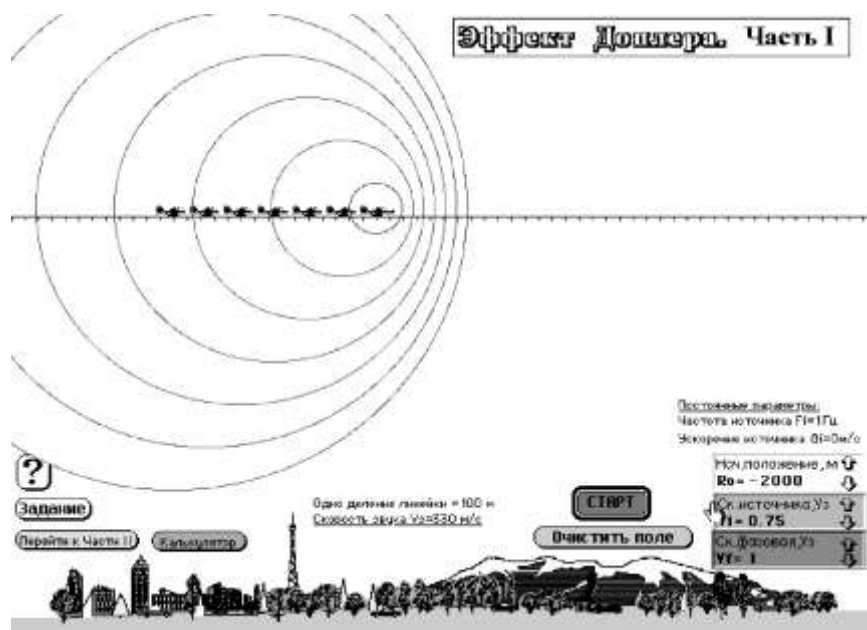


Рис. 5. Представление результатов моделирования движения самолета с дозвуковой скоростью

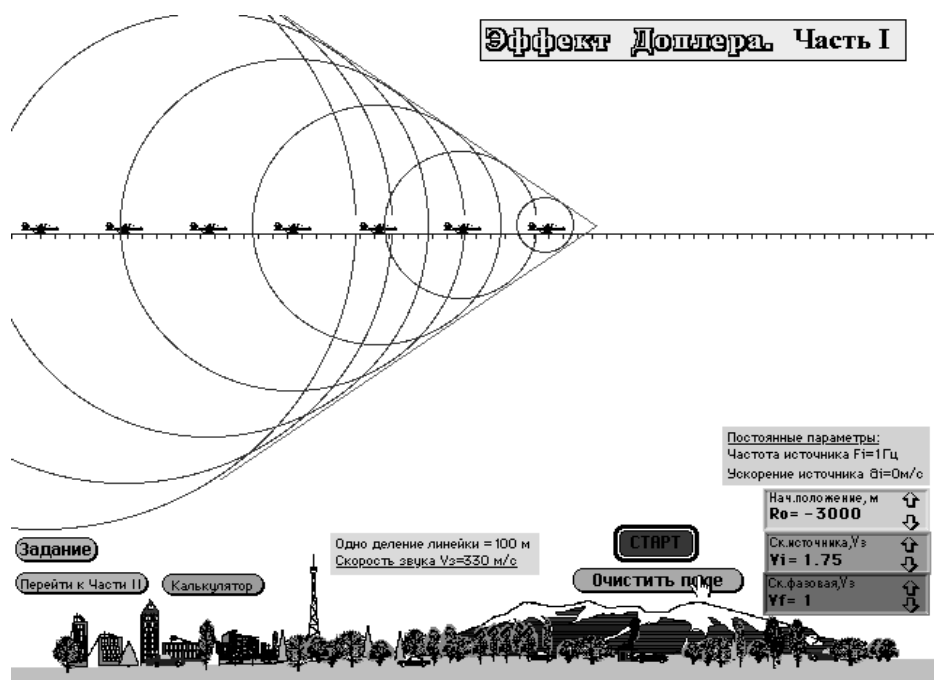


Рис. 6. Движение самолета со сверхзвуковой скоростью

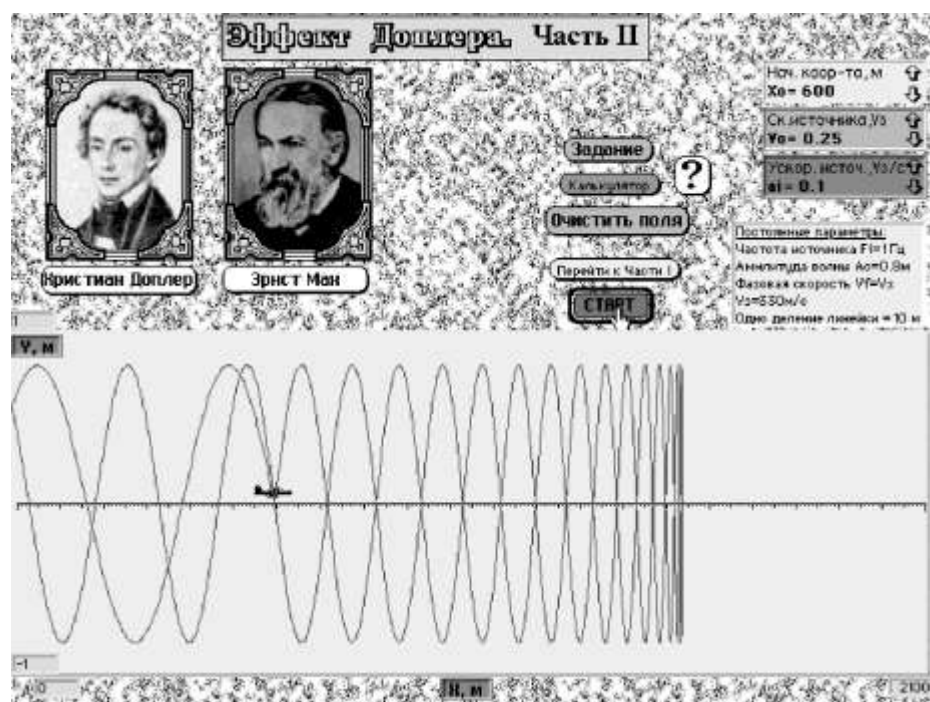


Рис.7. Результаты моделирования движения фронта волны при ускоренном движении источника

В качестве дополнительных материалов приведены краткие биографические сведения об ученых, впервые описавших исследуемые в работе закономерности. Они предъявляются пользователям при наведении курсора на фотографии портретов Х. Доплера или Э. Маха.

Поступательное движение тела

В работе рассматривается поступательное движение тела сферической формы в среде, создающей сопротивление движению, с учетом выталкивающей силы Архимеда. Столкновения сферы со стенками «виртуальной камеры» (ограниченной размерами поля верхнего графика) происходят по типу частично упругого удара. Реальные численные значения для материала тела и параметров среды приведены в скрытых меню (верхние элементы на панели параметров моделирования, рис. 8). Приведенные в заданиях 1-6 данной работы значения свойств среды, тела и его исходного положения являются наиболее представительными, но не строго обязательными. Они могут быть изменены по инициативе студентов, выполняющих работу. Важно, чтобы было выполнено главное в заданиях – получены данные для построения и анализа исследуемых зависимостей.

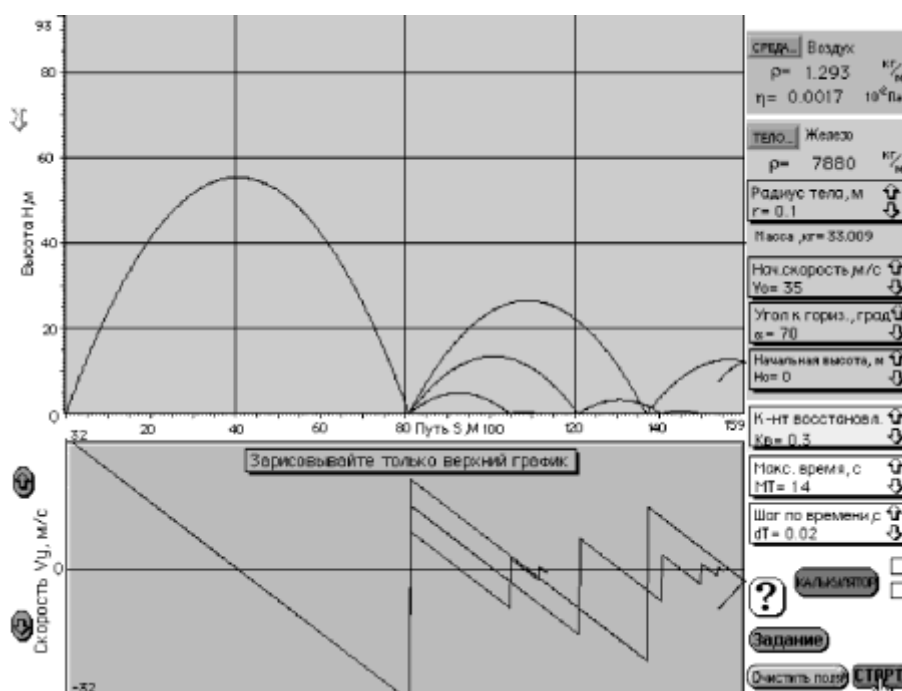


Рис. 8. Результаты выполнения задания 3 в работе «Поступательное движение тела»

Повышение информативности исследовательской деятельности студентов достигается здесь за счет представления результатов моделирования одновременно на двух полях – положения тела в пространстве «камеры» и

отображения соответствующих изменений величины вертикальной компоненты его скорости на дополнительном поле. На приведенном рисунке показаны изменения сопоставляемых величин в зависимости от степени упругости удара. Студенты должны найти решение для проблемной ситуации – изменение компоненты скорости при отскоке в *два* раза сопровождается *четырёхкратным* уменьшением высоты подъема тела. В разделе самостоятельной работы предлагается определить влияние массы тела и его начальной скорости на величину горизонтального перемещения в случае отличного от нуля коэффициента сопротивления среды или исследовать зависимость горизонтального перемещения до первого удара от начальной высоты для одного из значений угла бросания.

Гармонический и ангармонический осцилляторы

Цель работы: изучение и сравнение закономерностей свободных, затухающих и вынужденных колебаний гармонического и ангармонического осцилляторов, определение условий при которых колебания становятся ангармоничными.

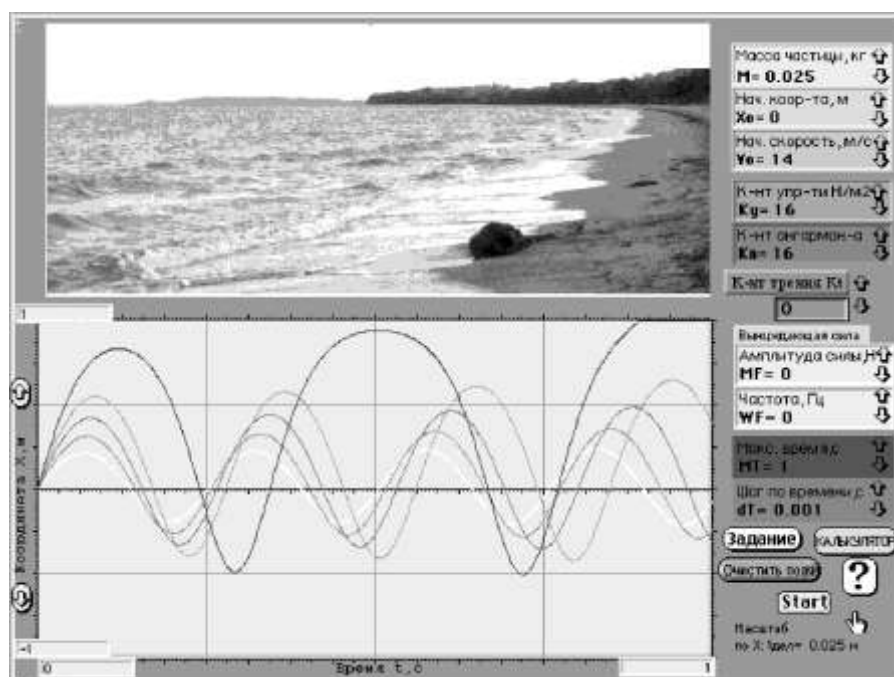


Рис. 9. Колебания ангармонического осциллятора в зависимости от величины начальной скорости.

В качестве самостоятельной работы предлагается построить в отчете резонансные кривые вынужденных колебаний гармонического осциллятора для двух различных значений коэффициентов трения. Необходимо также объяснить, почему при совпадении частоты вынуждающей силы с частотой собственных колебаний амплитуда установившихся колебаний наибольшая. Верхнее поле здесь используется для вывода текста очередного задания, если текст больше не требуется, его можно скрыть и вместо него воспроизводится цветная художественная фотография, иллюстрирующая один из примеров периодических процессов в природе. В то же время это является элементом психологической разрядки в ходе выполнения компьютерной работы.

Фазовые портреты колебаний

Цель работы: знакомство с понятиями конфигурационных кривых и фазовых траекторий; анализ фазовых портретов гармонических и ангармонических колебаний; определение условий появления элементов хаотического движения ангармонического осциллятора.

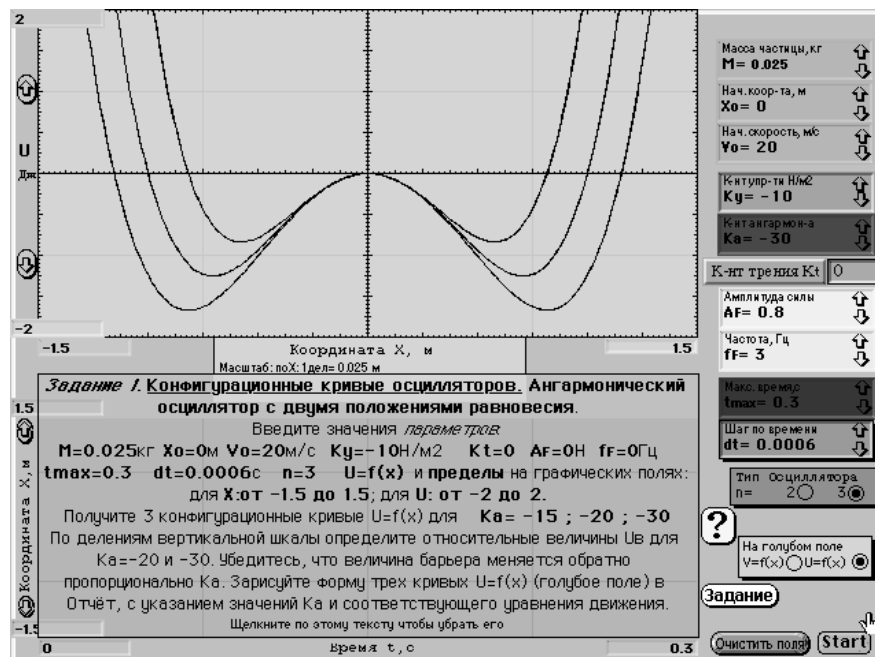


Рис. 10. Конфигурационные кривые ангармонического осциллятора с двумя положениями равновесия

Конфигурационные кривые осцилляторов с двумя положениями равновесия показаны на рис. 10. Дополнительной информацией (используемой

в случае, когда студенты не выполняли предварительно работы по исследованию закономерностей ангармонических колебаний) является отображение процесса колебания во временной развертке на нижнем поле. В ходе работы студенты должны самостоятельно установить зависимости глубины минимумов и их расположения на оси отклонений от равновесного положения от величины коэффициента ангармонизма колебаний. Эти зависимости оказываются нелинейными.

При выполнении заданий второй части работы студенты знакомятся с представлением процессов в фазовом пространстве и должны «экспериментально» найти критические состояния разрушения осциллятора или условия перехода затухающих ангармонических колебаний между двумя возможными конечными состояниями (рис. 11). Последний случай не имеет аналитического решения в виде формул, показывает практическую значимость вычислительных экспериментов и имеет игровой аспект в выполнении учебной работы.

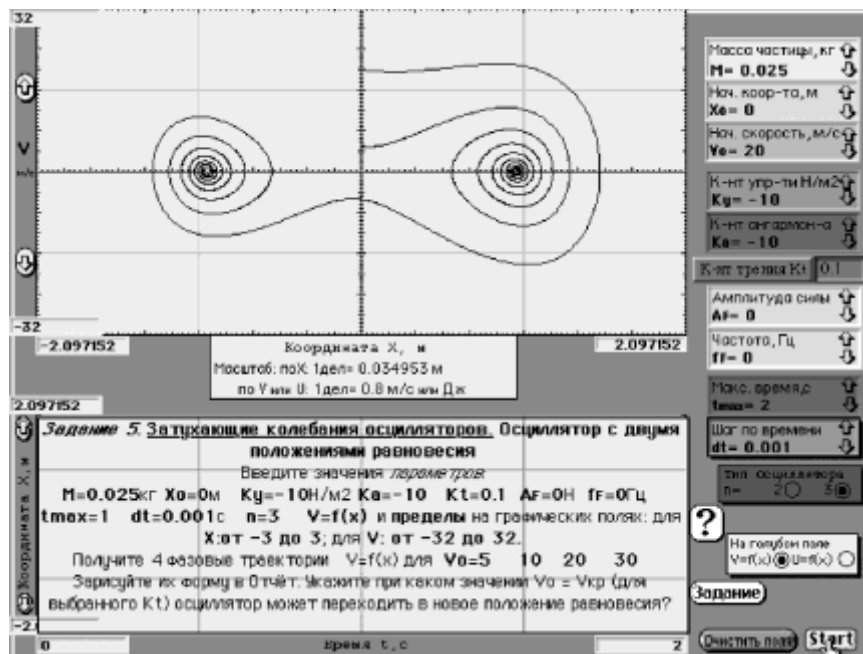


Рис. 11. Фазовые портреты затухающих колебаний осциллятора с двумя положениями равновесия

Анализ процессов сложения гармонических колебаний

Цель работы: анализ изменений формы результирующего колебательного движения в зависимости от условий суперпозиции гармонических колебаний и величин параметров складываемых колебаний. Выполняемые студентами исследования включают случаи сложение колебаний одинаковой частоты, с большим различием в частотах, затухающих колебаний одинаковой частоты, колебаний с близкими частотами и взаимно перпендикулярных колебаний.

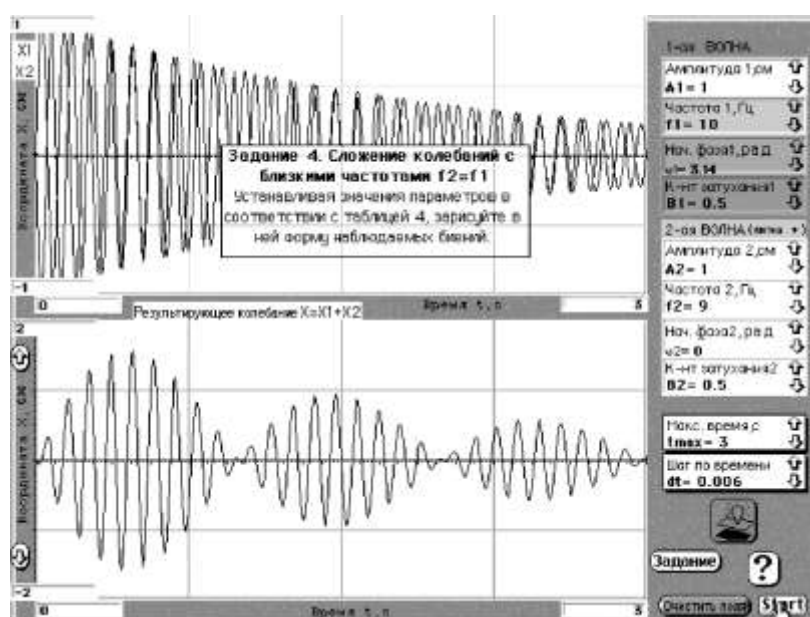


Рис. 12. Биения при сложении затухающих колебаний с близкими значениями частот колебаний

В процессе моделирования одновременно на одном поле строятся временные зависимости двух складываемых колебаний по отдельности, а на другом поле отображается результирующая зависимость. Случай возникновения «биений» представлен во временной развертке для случая затухающих колебаний на рис. 12. Фигуры Лиссажу, возникающие при сложении взаимно перпендикулярных колебаний, в пространственном отображении показаны для одного из возможных вариантов на рис. 13.

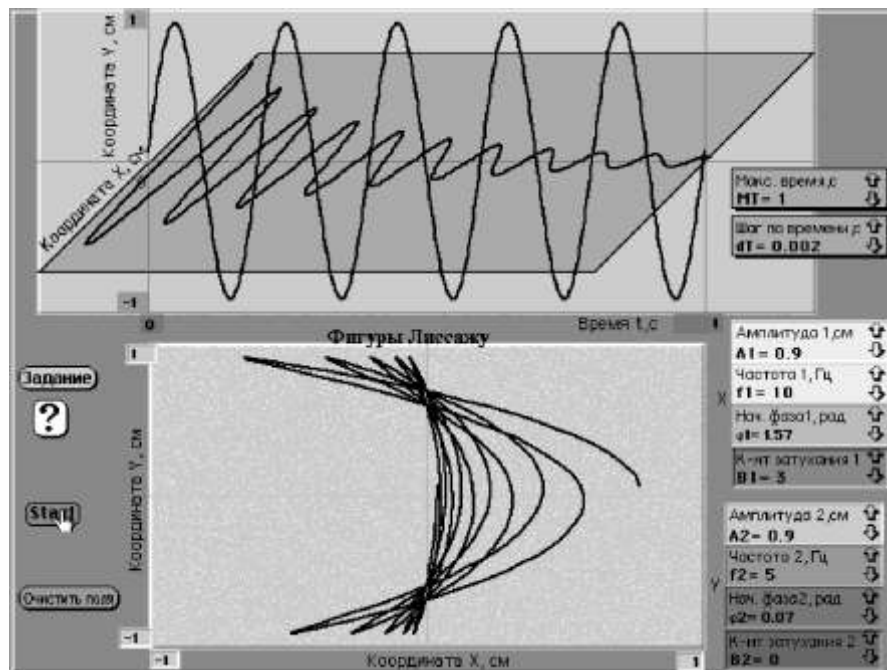


Рис. 13. Форма фигур Лиссажу при затухании взаимно перпендикулярных колебаний

В работе «Фигуры Лиссажу» учащиеся исследуют не только классические фигуры, фиксируемые при сложении гармонических колебаний, но так же изучают особенности, вызванные затуханием колебаний, открывают для себя правило Лиссажу. Наряду с этим, при выполнении работы предлагается самостоятельно, без регламентного списка рекомендуемых параметров, исследовать *ложные фигуры*, получаемые при неправильном выборе шага компьютерного интегрирования процесса движения. Тем самым развивается критическое отношение к результатам компьютерного эксперимента, показывается необходимость тщательного планирования его. В этом же задании предлагается не только найти необычную форму графика, но и дать ему образное название. Поиск заранее не известного результата вызывает интерес у студентов, хотя необычные формы находятся не сразу. Приведем некоторые из названий, отражающие развитость ассоциативного мышления конкретных студентов: «кабачок», «лестница», «красная шапочка», «танец с веерами», «галактика», «сталактиты в сердце».

Представленный практикум выполняется по фронтальному варианту проведения групповых занятий. Это дает возможность:

- группового воспроизведения теоретических положений работы (опрос студентов) перед началом работы;
- использования элементов сократического (диалогового) метода при коллективном обсуждении результатов того или иного задания или при формулировании выводов по работе в целом;
- создания мотивации к повышению качества учебной деятельности путем сравнения отчетов по работе, выборке и показа всем лучших из них.

Следует отметить, что созданное для компьютеров на платформе IBM программное обеспечение легко модифицируется для создания интерактивных «живых графиков». Они представляют собою упрощенный вариант компьютерного эксперимента, в котором студент может изменять значения одного из параметров моделирования, следуя только лишь контекстовым указаниям, появляющимся под графиками. Конечный вид некоторых из динамически строящихся рисунков приведен на рис. 14-17.

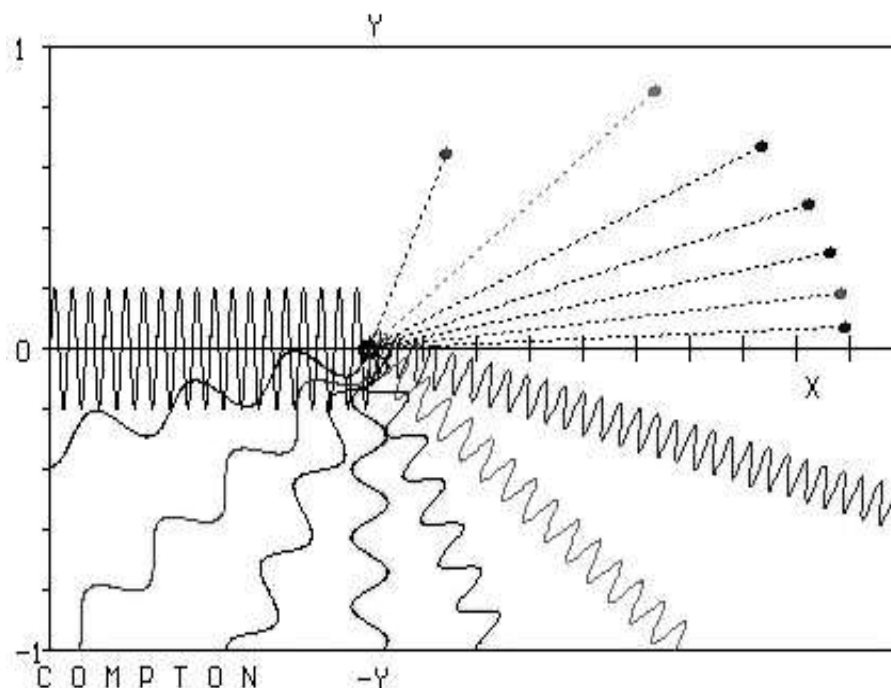


Рис. 14. Иллюстрация эффекта Комптона. Пользователю предлагается изменить длину волны падающего излучения.

В случае иллюстрации рассеяния гамма-кванта на электроне в эффекте Комптона мультимедийность компьютерной анимации реализуется за счет

аудиальной формы аналогии увеличения длины волны рассеянного излучения: в последующих актах рассеяния одновременно с «растягиванием» волны и увеличением пути движения электрона происходит понижение тона звукового сигнала, сопровождающего иллюстрацию эффекта рассеяния. Кроме того, увеличение длины волны отображается и изменением палитры используемых цветов, в соответствии с их расположением в спектре – от коротковолновых фиолетовых к длинноволновым красным оттенкам цвета кривых на рисунке.

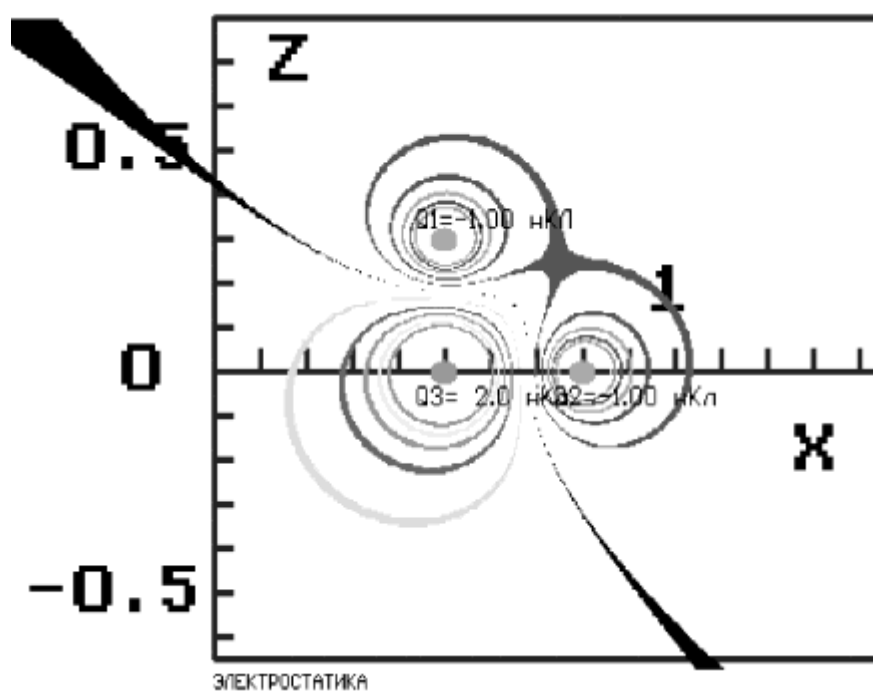


Рис. 15. Распределение потенциала электрически нейтральной системы трех точечных зарядов. Предлагается изменить значения зарядов или их расположение в пространстве

Игровые аспекты возникают при самостоятельной работе с отображениями электрического поля (линий напряженности или равных значений потенциалов), с анимацией движения заряженной частицы в магнитном поле или рассеяния альфа-частиц на ядре атома (рис. 15-17).

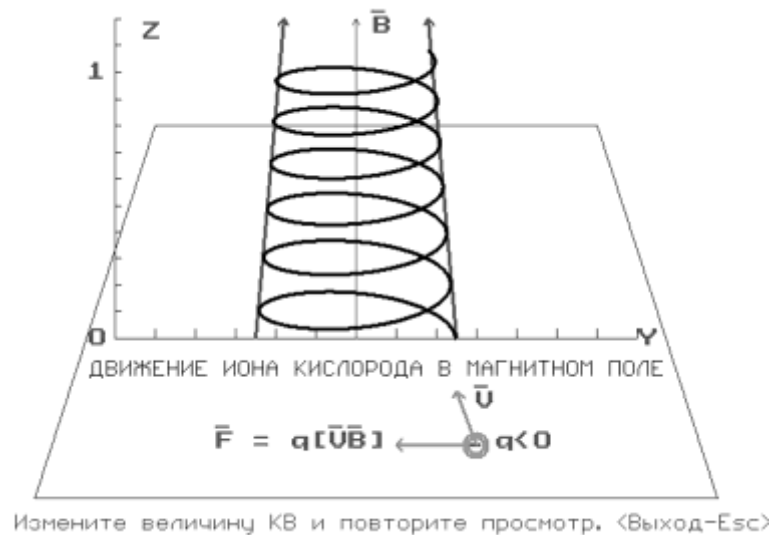


Рис. 16. Иллюстрация движения иона в магнитном поле
(предлагается изменить вертикальный градиент индукции поля)

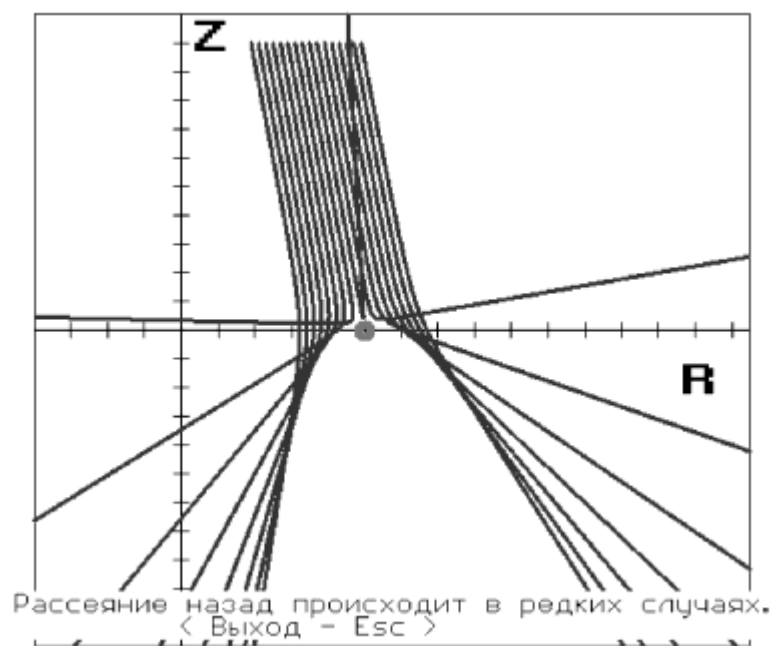


Рис. 17. Рассеяние альфа частиц на ядре золота
(предлагается изменить энергию альфа-частиц)

Анимированные графики используются в ходе лекций и для организации самостоятельной познавательной деятельности студентов. В последнем случае программное обеспечение свободно предоставляется всем желающим в компьютерных классах или в компьютеризированных физических лабораториях.