

УДК 372

Бержанский В.Н., Гордиенко Т.П., Лагунов И.М., Милюков В.В.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ОБЩЕЙ ФИЗИКЕ. МЕХАНИКА

КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАБОТЫ

Разработка новых, более эффективных методов обучения – важная и актуальная часть работы высшей школы [1]. Развивающаяся компьютеризация учебного процесса открывает новые, ранее недоступные и более эффективные способы преподавания традиционных дисциплин, например, компьютерное моделирование, мультимедийные уроки, демонстрация методических материалов на компьютерных проекционных видеоустановках и т. д. В Таврическом национальном университете разработан и внедрен в учебный процесс компьютерный практикум по разделу “Механика” курса общей физики (рис. 1). Подход, реализуемый в компьютерном практикуме находится в области между компьютерным моделированием [2] и традиционными лабораторными работами [3]. Данные работы можно охарактеризовать как проблемные компьютерные работы по физике.

На занятиях обучаемый, используя готовую компьютерную модель и набор возможных функциональных зависимостей находит заданные преподавателем физические величины. От студента не требуется знаний языков программирования, что очень актуально на первых курсах обучения. Студент не занимается моделированием физического процесса, ему только необходимо на первом занятии освоить несколько функциональных кнопок и кнопки управления курсором, поэтому данный вид занятий нельзя отнести к компьютерному моделированию. С другой стороны студент не работает непосредственно с лабораторными приборами и установками и, поэтому, этот вид занятий нельзя отнести и к классическим лабораторным работам. Набор предлагаемых студенту функциональных зависимостей можно рассматривать как результат использования различных приборов, типа осциллограф (функциональная зависимость напряжения от времени), анализатор спектра (функциональная зависимость мощности колебаний

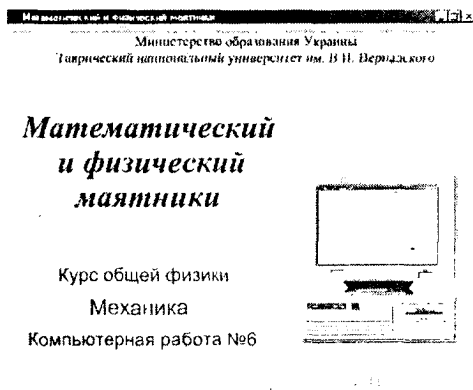


Рис. 1. Окно работы компьютерного практикума

от частоты) и т. д. Для выполнения заданий студенту предлагается воспользоваться следующими функциями: координат X и Y от времени; соответствующими проекциями вектора скорости и вектора ускорения от времени; абсолютными значениями скорости и ускорения от времени; аналогичными зависимостями для силы; потенциальной, кинетической и полной энергией от времени. Возможны функциональные зависимости в виде комбинаций из вышеперечисленных физических характеристик, например, потенциальной энергии от координаты X и т. д. При выполнении заданий можно воспользоваться динамическим методом или применить законы сохранения. Конкретный путь решения студент выбирает самостоятельно, что придает проблемный характер работам компьютерного практикума. На занятиях проявляется творческая активность студентов [4].

Как и при работе со стандартными приборами, студент имеет возможность масштабировать функциональные зависимости по различным координатам или выбрать режим автомасштабирования. При проведении модельного эксперимента на экране одновременно доступны две функции из шести – восьми возможных для данной темы. Студент вправе выбрать любые две функции или провести компьютерный эксперимент несколько раз подряд, используя набор функций. Для правильного выбора функциональных зависимостей студенту необходимо на занятии (или до занятий, если работа состоит из многих стадий) вывести расчетную формулу, т.е. в работу могут быть введены элементы практических занятий по физике.

Компьютерный практикум, не уступая традиционным лабораторным работам по наглядности, обладает намного большей производительностью и эффективностью. В некоторых случаях компьютерные работы позволяют исследовать ситуации, осуществить которые в лабораторных условиях трудно или даже невозможно. Изучая законы физики на компьютерных занятиях, студент привыкает применять компьютер для решения конкретных научных задач и готовится к более сложной работе по компьютерному моделированию в профессионально-ориентированных курсах.

ОБЩАЯ СТРУКТУРА РАБОТ

Рассмотрим структуру компьютерной работы. Каждая работа состоит из нескольких этапов (от одного до восьми). Перед каждым этапом дается краткое пояснение того, что необходимо в нем сделать. Этапы формируются преподавателем на базе компьютерной модели, отвечающей данной теме. Преподавателю доступно:

- ввести в работу любое количество этапов;
- составить свой или использовать предлагаемый вариант работы;
- отдельные физические величины, используемые в работе, сделать: доступными к редактированию; видимыми, но не доступными к редактированию; невидимыми;
- поставить после любого этапа (и/или в конце работы) качественные по выбору или численные вопросы по результатам проведения данной серии компьютерных экспериментов;

- изменять точность вычисления значений физических величин.

По результатам трехлетнего опыта применения компьютерных работ в учебном процессе можно рекомендовать следующие стадии изучения темы.

На первой стадии работы разрешить студенту доступ к просмотру и изменению всех используемых физических величин и функциональных зависимостей с целью дать возможность познакомиться с заложенной в работу моделью (10 - 15 мин).

Далее следуют несколько этапов, в которых преподаватель заранее запретил доступ к изменению отдельных физических величин, некоторые из них сделал невидимыми и поставил цель определить численные значения скрытых или каких-либо других величин. Выведя расчетные формулы для данной стадии и выбрав необходимые функциональные зависимости, студент запускает компьютерную модель и наблюдает динамику процесса в визуальном режиме. В любой момент времени проведение компьютерного эксперимента может быть остановлено. Студент считывает с дисплея численные значения по функциональным зависимостям для дальнейшей обработки. Описанные стадии работы аналогичны по заданию с традиционными лабораторными работами.

Каждая компьютерная работа завершается тестом по данной теме.

При работе более чем с тремя этапами не рекомендуется вводить вопросы между ними, так как это может привести к неполному выполнению задания в целом.

ПЛАН ПРОВЕДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРАКТИКУМА

Мы рекомендуем следующий план проведения проблемных компьютерных занятий по разделу «Механика» курса общей физики.

1. Вводное занятие.
2. Занятие по теме «Движение тела в поле силы тяжести Земли».
3. Занятие по теме «Движение тела по мертвой петле».
4. Занятие по теме «Столкновение шаров».
5. Занятие по теме «Движение спутника в поле тяготения планеты».
6. Занятие по теме «Гармоническое колебание».
7. Занятие по теме «Математический и физический маятники».
8. Занятие по теме «Сферический маятник».
9. Тестовая работа «Размерности физических величин по курсу «Механика».
10. Зачет.

На вводном занятии студенту предоставляется возможность просмотреть первые стадии двух-трех работ с целью ознакомления с практикумом, объясняются назначения некоторых клавиш. На занятии доступны все параметры и все функциональные зависимости. Студентам, владеющим компьютерной техникой, можно предложить первые стадии всех работ по курсу.

Занятия по конкретным темам проводятся согласно этапам работы, предварительно составленным преподавателем.

Тестирование осуществляется посредством выбора правильного ответа на поставленные в тесте вопросы.

На зачетном занятии студент поясняет преподавателю выполнение отдельного компьютерного задания (по выбору преподавателя).

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

При открытии работы на экране дисплея появляются три выделенных панели (рис. 2).

- панель задания параметров (первой выбранной функциональной зависимости при проведении эксперимента);
- панель второй выбранной функциональной зависимости;
- панель динамики процесса эксперимента.

На первой стадии предлагается ознакомиться с компьютерной моделью и для этого открыты все имеющиеся в работе параметры. Перемещаясь клавишами управления курсором, выбирают необходимый параметр и при необходимости входят в режим его редактирования нажав ENTER.

После появления курсора редактора, возможен ввод численного значения выбранного параметра. Повторное нажатие ENTER выводит из режима редактирования обратно в меню "Параметры".

Все параметры из основного меню могут быть изменяемыми, фиксированными или скрытыми. На первой стадии компьютерных работ все параметры доступны изменению (редактированию). В следующих стадиях преподаватель делает некоторые параметры фиксированными или скрытыми, что определяется поставленной задачей на данном этапе работы.

Студент самостоятельно выбирает необходимую функциональную зависимость или оставляет на экране дисплея индикацию параметров системы. Для соответствующего выбора необходимо нажать клавишу F5, появится меню "функциональные зависимости". Выбор необходимой функциональной зависимости осуществляется при выделенном поле "тип зависимости". Для каждого графика устанавливается масштаб по оси времени, если выделено поле "масштаб по времени". Масштаб может быть установлен в автоматический или ручной режимы. Выбор режима доступен при выделенном поле "масштабирование". Если выбран автоматический режим, тогда система сама производит наиболее оптимальное масштабирование, при котором график получается более наглядным, но менее детальным. В ручном режиме необходимо самостоятельно задать минимальное и максимальное значения выбранной функции. Для этого предусмотрены поля "мин. значение функции" и "макс. значение функции". Возможен выбор и изменение вышеизложенных параметров для двух функциональных зависимостей.

В меню "функциональные зависимости" действуют клавиши управления курсором (для перемещения по полям меню) и клавиша ENTER. При нажатии

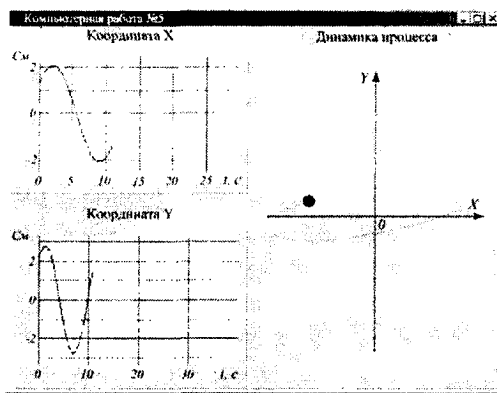


Рис. 2. Распределение методической информации в окне работы

ENTER на выделенном поле, возможно или циклическое изменение предлагаемого множества зависимостей выбранного поля или вход в режим редактирования, что индицируется появлением курсора редактора в выделенном поле. В режиме редактирования необходимо ввести численное значение выбранной величины и нажать ENTER, что приведет к выходу из редактора с установкой заданного значения. Неправильно введенное значение выбранной величины сопровождается звуковым сигналом и предлагается ввести новое. То же самое происходит и в том случае, если введенное значение выходит за пределы диапазона действия модели. Выход из меню параметров графиков осуществляется по нажатию клавиши ESC.

После установки основных параметров эксперимента, выбора дополнительных условий и функциональных зависимостей можно перейти к его проведению. Для этого необходимо нажать клавишу F6. В первом и во втором окне появятся выбранные функциональные зависимости, а в третьем окне начнется эксперимент. Если дополнительные условия не изменялись, то во время эксперимента будут выводиться функциональные зависимости, установленные преподавателем. Нажав клавишу F8, можно остановить эксперимент и сделать копию экрана на бумаге. Для продолжения эксперимента нажимают F9. Выход в режим установки параметров осуществляется по ESC. Если стадия выполнена, то после нажатия ESC, произойдет переход к выполнению следующей стадии работы. Последний этап каждой работы содержит тест из вопросов. Сначала идут качественные вопросы по конкретной теме, а затем вопросы на которые нужно дать численный ответ по выполненным стадиям работы.

Графики выводятся на печать и вклеиваются в тетрадь компьютерного практикума для дальнейшего отчета.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РАБОТ

Столкновение шаров

Данная работа предназначена для изучения законов сохранения импульса и механической энергии на примере соударения двух шаров. Диапазон взаимодействия - от абсолютно упругого столкновения до абсолютно неупругого.

Компьютерная модель представляет собой два физических маятника с общей точкой подвеса (рис. 3). Каждый физический маятник состоит из невесомого стержня, один конец которого закреплен в точке подвеса, а на другом конце стержня находится шар. Длины маятников одинаковы. Вся масса маятника сосредоточена в центре шара, но так как размерами шаров пренебрегаем, то можно считать, что масса маятника сосредоточена на незакрепленном конце. Шары испытывают центральный удар. Сопротивление среды отсутствует.

Параметры системы двух соударяющихся шаров:

- R - расстояние от точки подвеса до центра шара (длина стержня);
- g - модуль вектора ускорения свободного падения;
- v_{01}, v_{02} - начальные скорости шаров;
- m_1, m_2 - массы шаров;

- φ_1, φ_2 - начальные углы отклонения маятников.

При проведении компьютерного эксперимента возможно выведение на дисплей одновременно двух функциональных зависимостей из следующих:

- кинетической, потенциальной и полной механической энергии от времени;
- координат X и Y от времени;
- проекций вектора скорости на оси координат от времени;
- проекции вектора ускорения на оси координат от времени.

Все функциональные зависимости относятся к ударяющему шару.

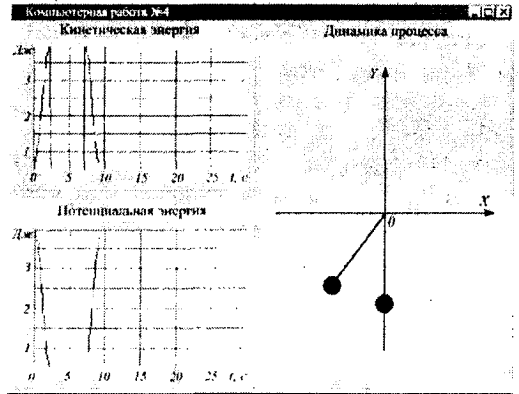


Рис. 3. Пример визуализации динамики процесса

Движение тела по мертвой петле

Компьютерная работа моделирует движение шара по направляющим, изогнутым в виде окружности. Трение отсутствует. Плоскость окружности расположена вертикально и находится в однородном поле силы тяжести. Сила реакции опоры (направляющих) действует на шар по направлению к центру окружности.

В начале эксперимента шар находится в нижней точке окружности и его вектор начальной скорости направлен по касательной к окружности так, что вектор угловой скорости имеет направление в сторону исследователя.

В зависимости от величины модуля начальной скорости возможно рассмотрение трех случаев движения шара внутри окружности.

1. Если начальная скорость шара недостаточна для поднятия его на высоту большую радиуса окружности, тогда шар будет бесконечно колебаться вокруг устойчивого положения равновесия, которое расположено в нижней точке окружности.
2. Если начальная скорость шара достаточна для его поднятия на высоту равную удвоенному радиусу окружности, тогда шар будет бесконечно вращаться по окружности.
3. Если начальная скорость шара лежит в диапазоне между двумя ранее рассмотренными случаями, тогда шар поднимается на определенную высоту (большую радиуса окружности, но меньшую его удвоенного радиуса) и выпадает из направляющих.

После входа в меню параметров возможно изменение следующих величин:

- R - радиуса окружности;
- g - модуля вектора ускорения свободного падения;

- U - модуля вектора начальной скорости.

В модели предусмотрено изменение масштаба времени и вывод основных функциональных зависимостей практикума.

Движение тела в поле силы тяжести

Компьютерная модель данной работы представляет собой динамическую визуализацию известной задачи о движении тела, брошенного под углом к горизонту. Движение тела происходит в среде, оказывающей сопротивление с силой, пропорциональной скорости движения.

Для модели выбрана прямоугольная система координат, центр которой лежит в плоскости поверхности Земли в точке, находящейся под начальным положением тела. Направление оси X совпадает с направлением горизонтальной компоненты вектора скорости. Ось Y направлена вертикально вверх. Начало движения тела возможно с заданной высоты h .

Вектор начальной скорости может быть задан двумя способами:

- заданием проекций вектора скорости на оси координат;
- заданием модуля вектора скорости и величины угла между вектором скорости и положительным направлением оси X .

При изменении численных значений одного из способов задания скорости, значения другого способа задания скорости меняются автоматически.

Изменяемыми параметрами модели являются:

- m - масса тела;
- g - модуль вектора ускорения свободного падения;
- k - коэффициент пропорциональности между скоростью и силой сопротивления движению тела;
- h - начальная высота;
- U_x - проекция вектора скорости на ось X ;
- U_y - проекция вектора скорости на ось Y ;
- mod - модуль вектора скорости;
- arg - величина угла между вектором скорости и положительным направлением оси X .

В работе возможен вывод функциональных зависимостей от времени следующих величин: координат, проекций вектора скорости и проекций вектора ускорения.

Движение тела в поле тяготения планеты

В данной работе моделируется движение одного или нескольких спутников вокруг планеты. Размеры и массы спутников пренебрежимо малы по сравнению с размером и массой планеты. Сопротивление среды движению спутников отсутствует. Спутники между собой не взаимодействуют. Планета считается однородным шаром и задается своим радиусом и средней плотностью.

Положение спутника задается расстоянием от него до центра планеты и углом между лучами, направленными из центра планеты вертикально вверх и в точку

нахождения спутника. Угол отсчитывается по часовой стрелке. Движение спутников происходит в плоскости, проходящей через центр планеты (зафиксирована одна плоскость из бесконечного множества).

С планетой связана прямоугольная система координат с началом отсчета в ее центре. Оси координат лежат в плоскости движения спутников.

Начальная скорость спутника задается модулем вектора начальной скорости и углом между вектором начальной скорости и касательной к окружности, проведенной из центра планеты через точку начального положения спутника.

При проведении работы необходимо знание прямоугольной и полярной систем координат, формул связи между ними.

Один из спутников считается основным и его параметры задаются из главного меню. К этому спутнику относятся и все функциональные зависимости модели. Начальные параметры движения дополнительных спутников задаются в меню дополнительных параметров. Всего возможно ввести в эксперимент до четырех дополнительных спутников.

Гармоническое движение

Компьютерная модель данной работы рассматривает колебания тела вокруг точки равновесия. Если тело находится вдали от точки равновесия, на него действует сила упругости, которая пытается вернуть его в эту точку.

В работе используется прямоугольная система координат с центром в точке равновесия тела. Проекции силы упругости на координатные оси пропорциональны смещениям тела вдоль соответствующих осей от положения устойчивого равновесия. Коэффициенты пропорциональности между проекциями силы упругости и соответствующими смещениями (коэффициенты упругости) задаются отдельно.

При движении тела в среде на него может действовать сила сопротивления, пропорциональная модулю вектора скорости и направленная против вектора скорости.

На тело также может действовать внешняя сила, проекции которой на координатные оси изменяются по гармоническому закону. Возможно задание амплитуды, периода и начальной фазы действия внешней силы.

В данной модели предусмотрено изменение следующих величин в меню "Параметры":

- начального смещения тела по осям X и Y ;
- проекции вектора начальной скорости на оси X и Y ;
- коэффициента упругости по осям X и Y ;
- массы тела;
- коэффициента сопротивления среды.

При нажатии клавиши F7 осуществляется переход в меню параметров внешней силы, где возможно задание величин:

- периода действия внешней силы по осям X и Y ;
- амплитуды внешней силы по осям X и Y ;
- начальной фазы действия внешней силы по оси X ;
- начальной фазы действия внешней силы.

Возможна работа с функциональными зависимостями:

- координаты положения тела X и Y от времени;
- модуля и проекций вектора скорости на оси X и Y от времени;
- модуля и проекций вектора ускорения на оси X и Y от времени;
- кинетической и потенциальной энергии тела от времени.

Заключение

Опыт использования компьютерного практикума в преподавании курса общей физики на физическом факультете ТНУ показал наличие большого интереса студентов к такой форме проведения занятий. Также необходимо отметить высокую эффективность сочетания традиционных форм преподавания физики с новыми подходами, которые позволяют современные информационные технологии.

Список литературы

1. Гончаренко С.У., Пастернак Н.В. Проблема підвищення теоретичного рівня освіти. Педагогіка і психологія, № 2, 1998, С. 16-30.
2. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике: В 2-х частях. Ч. 1: Пер. с англ. – М.: Мир. 1990. – 349 с.
3. Каленков С.Г., Соломахо Г.И. Практикум по физике. Механика: Учеб. пособие для студ. вузов / Под ред. А.Д. Гладуна. – М.: Высш. шк., 1990. – 111 с.
4. Аврамчук Л.А. Формування активної пізнавальної діяльності студентів. Педагогіка і психологія, № 3, 1997, С. 122-126.

Статья поступила в редакцию 03.04.2001 г.