

Компьютерное моделирование физических процессов и явлений

Елена Евгеньевна Гетманова,

доцент кафедры физики Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова, кандидат физико-математических наук

ПРЕПОДАВАНИЕ ОСНОВ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК (В ЧАСТНОСТИ ФИЗИКИ, МАТЕМАТИКИ), ОСНОВАННОЕ НА ОБЩЕПРИНЯТОЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ОБУЧЕНИЯ, НЕ ВСЕГДА ЯВЛЯЕТСЯ ОПРАВДАННЫМ И ЭФФЕКТИВНЫМ. ЭТО СВЯЗАНО СО МНОГИМИ ФАКТОРАМИ — МАНЕРОЙ ИЗЛОЖЕНИЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ МАТЕРИАЛА, КОЛИЧЕСТВА УЧАЩИХСЯ В АУДИТОРИИ, ИХ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬЮ В ДАННОМ УЧЕБНОМ МАТЕРИАЛЕ. ОБЩЕИЗВЕСТНО — ЧЕМ ВЫШЕ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТЬ ОБУЧАЕМОГО В ПРЕДЛАГАЕМОМ МАТЕРИАЛЕ, ЧЕМ ИНТЕНСИВНЕЙ ЕГО ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ НАСТРОЙ, ТЕМ ЛУЧШЕ ПРОХОДИТ ПРОЦЕСС УСВОЕНИЯ. ОДИН ИЗ НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ЭТОГО ДОСТИЧЬ — ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ.

• компьютерные технологии • пакет MathCAD • моделирование процессов классической механики • математические пакеты •

Применение компьютерных технологий при изучении физики позволяет сделать наглядными физические процессы. Использование пакета MathCAD способствует не только более глубокому пониманию физических явлений и процессов, но и, несомненно, делает физику более привлекательной для учащихся. Глубокое понимание состоит в единстве исследования явления, физической и математической моделей, а также компьютерной графики. А привлекательность обусловлена приобретением профессиональных навыков работы с пакетами. В течение десяти лет автором проводились лабораторные работы по физике с применением пакета MathCAD¹. Учебное пособие по лабораторным работам включает теоретические

том, описание лабораторных работ, варианты для самостоятельной работы.

Лабораторные работы позволяют моделировать процессы в классической механике (движение тела, брошенного под углом к горизонту, свободные, затухающие, вынужденные колебания), электродинамике (движение частицы в электрическом и магнитном полях) и т.д.

При моделировании движения тела, брошенного под углом к горизонту, учащиеся вводят начальную скорость $v_0 = 30$, угол $\alpha = 30$, время движения тела, а также уравнение траектории. Строится зависимость траектории тела (парабола на рис. 1). Строится также прямая линия, соответствующая высоте $h = 5$, которая показывает, что тело находится на указанной высоте два раза.

Зависимость скорости от времени показана на рис. 2.

¹ Гетманова Е.Е., Семенец В.В., Дударь З.В., Лесная Н.С., Захарченко В.Ф. «Компьютерное моделирование физических процессов в классической механике», Харьков, 2000.

положения по изучаемым физическим явлениям, основные сведения, необходимые для работы с паке-

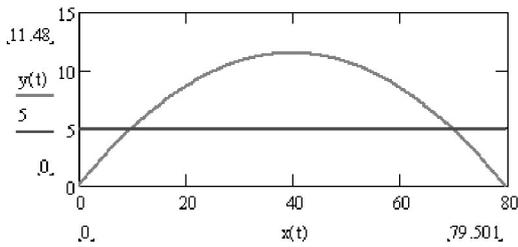


Рис. 1

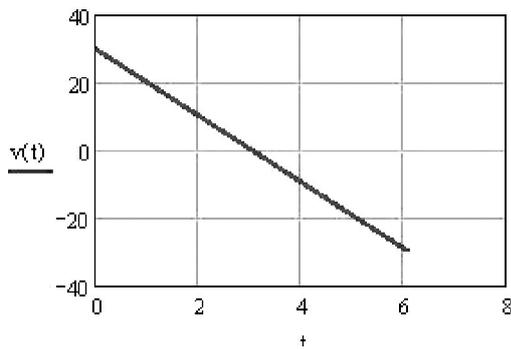


Рис. 2

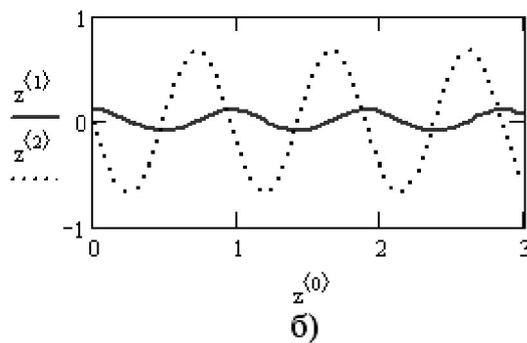
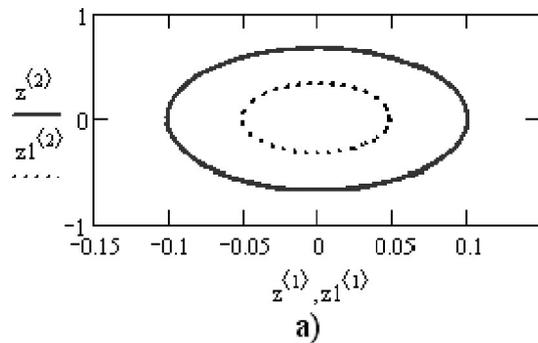


Рис. 3

Аналогично можно построить изменение модуля скорости от времени, а также зависимость нормального и тангенциального ускорения от времени.

При изучении свободных колебаний на примере пружинного маятника компьютерная модель строится в соответствии с программой:

$m:=0.9$ (задаём массу тела, подвешенного на пружине)

$k:=40$ (задаём жёсткость пружины)

$x0:=0.1$ (задаём начальное смещение тела)

$v0:=0.1$ (задаём начальную скорость)

$\omega 0 := \sqrt{\frac{k}{m}}$ (определяем собственную циклическую частоту)

$\omega 0 = 6.667$ — вычисляем собственную частоту

$x := \begin{pmatrix} x0 \\ v0 \end{pmatrix}$ определяем начальные условия возбуждения колебаний.

Далее строим графики двух фазовых траекторий, различающихся начальными условиями (рис. 3а). На рис. 3б показаны графики изменения смещения и скорости гармонических колебаний.

Далее задаём и строим зависимости кинетической, потенциальной и полной механической энергии от времени (рис. 4).

При изучении затухающих колебаний, которые описываются уравнением $x(t) = a \cdot \exp(-\beta t) \cos(\omega t + \alpha)$ строится трёхмерная модель, позволяющая изучить

зависимость смещения от времени t и коэффициента затухания β (рис.5). Из трёхмерного графика видно, как изменяется смещение от времени в зависимости от коэффициента затухания.

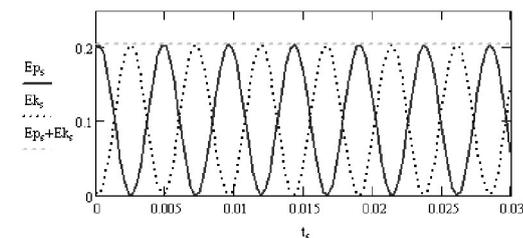


Рис. 4

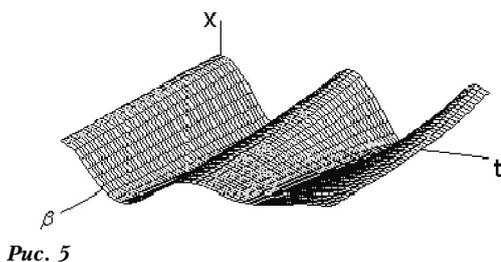


Рис. 5

Вынужденные колебания изучаем следующим образом.

После введения массы тела, жёсткости пружины и собственной частоты вводим:

$F_0 := 0.1$ (задаём амплитуду внешней силы),

$r := 0.05$ (задаём коэффициент сопротивления среды),

$\beta = \frac{r}{2m}$ (определяем коэффициент затухания),

$i := 0.45$ $\omega_i := 0.1 \cdot i$ (задаём диапазон изменения частоты вынужденных колебаний),

$j := 0.100$ (задаём диапазон изменения времени).

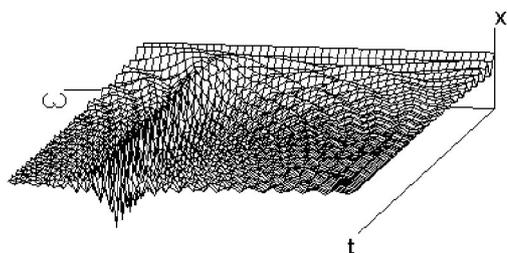


Рис. 6

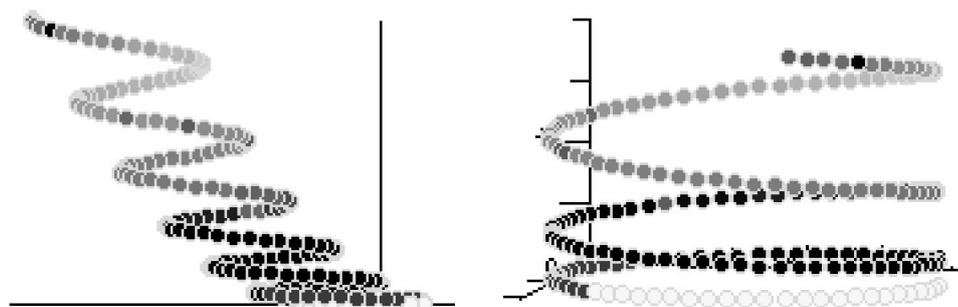


Рис. 7

Задав начальные условия для смещения и скорости, а также организовав процедуру решения неоднородного дифференциального уравнения вынужденных колебаний

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + 2\beta \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos(\omega t),$$

получим графики зависимости смещения и скорости от времени, а также трёхмерный график изменения смещения от времени и частоты вынуждающей силы (рис. 6). На графике показано увеличение амплитуды колебаний при совпадении собственной частоты колебаний и частоты вынуждающей силы.

Изучение движения заряженных частиц в электрическом и магнитном полях основывается на решении уравнения Лоренца

$$\vec{F} = q \vec{E} + q \left[\vec{v} \vec{B} \right],$$

где q — заряд частицы,

E — напряжённость электрического поля,

B — индукция магнитного поля,

v — скорость частицы.

Траектория частиц в зависимости от соотношения между амплитудами электрического и магнитного полей и начальной скорости наглядно представляется с помощью трёхмерных графиков (рис. 7).

Если электрическое поле равно нулю, то частица будет двигаться по окружности либо по винтовой линии при $v_{0z} \neq 0$ (рис. 8).

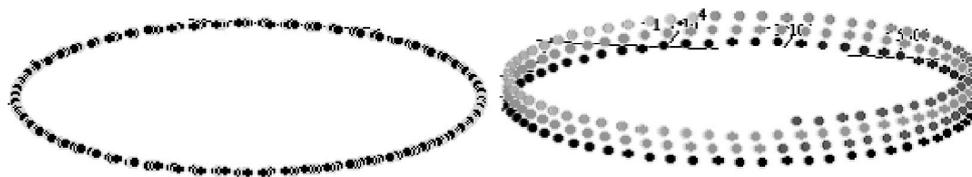


Рис. 8

Из проведённого исследования видно, что в зависимости от начальных условий, параметров электрического и магнитного полей траектория заряженной частицы меняется.

Применение математических пакетов позволяет менять параметры физических величин в широком диапазоне и получать достаточно полное представление об изучаемом процессе.

Поскольку материал, изучаемый школьниками старших классов, является достаточно сложным и практически совпадает с материалом, преподаваемым на первом курсе, то наглядность при изложении материала, а также заинтересованность в изучении физики имеют первостепенное значение. Поэтому использование компьютерных технологий является важной частью современной системы преподавания. □