

существует достаточно обширный список функций преподавателя иностранного языка, реализуемых средствами НИТ, в частности:

- коммуникативная;
- организационно-стимулирующая;
- информативная;
- управляющая;
- тренировочная;
- контролирующе-корректирующая.

Однако имеются и определенные недостатки в использовании средств НИТ в обучении. Одним из существенных моментов здесь можно считать несоответствие между нечетко-интуитивным мышлением человека и формально-логическим процессом переработки информации ЭВМ, представляющий собой так называемый «барьер отторжения», разделяющий динамический метафорический язык и номенклатуру или исчисление, которым является искусственный язык машины. В этой связи представляется перспективным использование аппарата нечетких множеств и нечеткой логики, которые в сочетании с использованием нейросетевой парадигмы и агентных технологий позволяют нивелировать этот барьер, сблизить машинный и естественный языки и, на этой основе, избежать необходимости перевода имплицитного, недетализированного задания с человеческого языка на язык оперирования ЭВМ.

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О НАХОЖДЕНИИ ЗАКОНА ДВИЖЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MAPLE**

*Т. А. Корж*

Нижегородский государственный педагогический институт

В современной научно-методической литературе, связанной с проблемами преподавания многих дисциплин, в том числе физики, активно обсуждается вопрос о месте и форме использования информационных технологий (ИТ) в образовательном процессе, от правильного выбора которых зависит результат обучения.

Мы считаем целесообразным использовать в курсе классической механики математический пакет Maple, который позволяет решать аналитически математические и физические задачи, строить различные виды графиков и создавать анимацию. Для реализации данного подхода в настоящее время нами разрабатывается специальный учебно-методический комплекс.

В статье описывается методика использования пакета Maple для решения задачи о нахождении закона движения математического маятника.

При изложении теоретического материала мы придерживались [1].

Рассмотрим движение материальной точки массой  $m$ , которая висит на нерастяжимой нити длиной  $L$ . Движение точки происходит по окружности радиусом  $L$ . Трением и массой нити пренебрегают. Здесь имеет смысл описывать движение в полярных координатах. На рис. 1 представлена данная ситуация.

Для рис. 1 и 2 использовалась библиотека `mylib` [2].

```
> display(Fig_3_1(), scaling=constrained, axes=None);
```

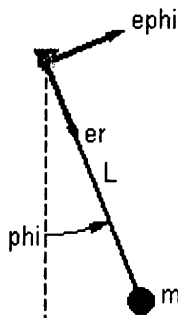


Рис. 1

Для решения задачи о нахождении закона движения математического маятника необходимо решить дифференциальное уравнение второго порядка

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \omega^2 \cdot \sin \varphi = 0$$

Полученное уравнение движения нелинейное и решить аналитически его нелегко, для этого лучше использовать графическое решение

Но для малых углов  $\varphi$  мы можем получить линейное уравнение, сделав замену для  $\varphi < 1$ :  $\sin(\varphi(t)) = \varphi(t)$ ,  $\cos(\varphi(t)) = 1$ . Тогда  $\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} + \omega^2 \cdot \varphi = 0$ .

Решив данное уравнение относительно  $\varphi$  получим  $\varphi(t) = C1 \cdot \sin(\omega t) + C2 \cdot \cos(\omega t)$ , где постоянные интегрирования  $C1 = \dot{\varphi}(0) = \dot{\varphi}_0$  - начальная угловая скорость;  $C2 = \varphi(0) = \varphi_0$  - угол  $\varphi$  во время  $t = 0$ .

Тогда  $\varphi(t) = \dot{\varphi}_0 \cdot \sin(\omega t) + \varphi_0 \cdot \cos(\omega t)$ .

Приняв начальную угловую скорость за равную нулю, т. е.  $\dot{\varphi}_0 = 0$ , получим  $\varphi(t) = \varphi_0 \cdot \cos(\omega t)$ . Задавая конкретные значения  $\varphi(0)$ ,  $L$  и  $m$ , вычисляем значения  $\omega$  и  $\varphi(t)$ .

## Построение графиков соответствующих зависимостей.

Рассмотрим подробно решение задачи о нахождении закона движения математического маятника, осуществляемое следующей последовательностью действий:

1. Движение в полярных координатах описывается углом  $\phi$  ( $\phi$ ). Активная сила – вес. Пассивная сила –  $S$  (сила натяжения нити). Рассмотрим материальную точку в перемещенном положении, т. е. с углом  $\phi$ . Траектория движения – окружность с радиусом  $L$ . Ускорение в полярных координатах описывается как

**> a:=polar\_acc(L,phi(t),t);**

$$a := \left[ -L \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right)^2, L \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right) \right]$$

2. Нормальное ускорение направлено от материальной точки до точки приостановки. Сила инерции  $Z$  действует в противоположном направлении от точки приостановки, т. е.

**> Z:=-m\*a[1];**

$$Z := m L \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right)^2$$

3. Тангенциальное ускорение указывается в направлении  $e\phi$  ( $e\phi$ ). Таким образом, сила инерции действует в противоположном направлении:

**> T:=-m\*a[2];**

$$T := -m L \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right)$$

В рис. 2 показаны все силы, действующие на материальную точку.

*Замечание:* в рисунке силы  $Z$  и  $T$  показаны в положительном направлении относительно системы координат. В действительности сила  $T$  направлена в противоположном направлении, на это указывает отрицательный знак при определении  $T$ .

**> display(Fig\_3\_2(),scaling=constrained,axes=None);**

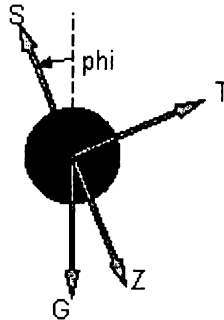


Рис.2

#### 4. Тангенциальное и нормальное ускорение

$$> EQ_t := -G \sin(\phi(t)) + T = 0$$

$$EQ_t := -G \sin(\phi(t)) - m L \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right) = 0$$

$$> EQ_r := G \cos(\phi(t)) - S + Z = 0$$

$$EQ_r := G \cos(\phi(t)) - S + m L \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right)^2 = 0$$

#### 5. Сила тяжести G

$$> FLG := G = m g$$

#### 6. Подставляем формулу (5) в (4)

$$> EQ_t := \text{subs}(FLG, EQ_t);$$

$$EQ_t := -m g \sin(\phi(t)) - m L \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right) = 0$$

$$> EQ_r := \text{subs}(FLG, EQ_r);$$

$$EQ_r := m g \cos(\phi(t)) - S + m L \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right)^2 = 0$$

#### 7. Нахождение уравнения движения для системы EOM при $m \neq 0$ и $L \neq 0$

$$> EOM := \text{expand}(-EQ_t / (m * L));$$

$$EOM := \frac{g \sin(\phi(t))}{L} + \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right) = 0$$

Это дифференциальное уравнение второго порядка относительно  $\phi(t)$ .

#### 8. Графическое решение данного уравнения (т.к. приближенные методы не дают удовлетворительного результата)

$$> \text{with}(DEtools):$$

$$> \omega := 3.132091953:$$

```
> DEplot (LEOM, phi (t), t=0..10, [[phi (0)=0, D(phi)
(0)=0.01]], stepsize=0.1);
```

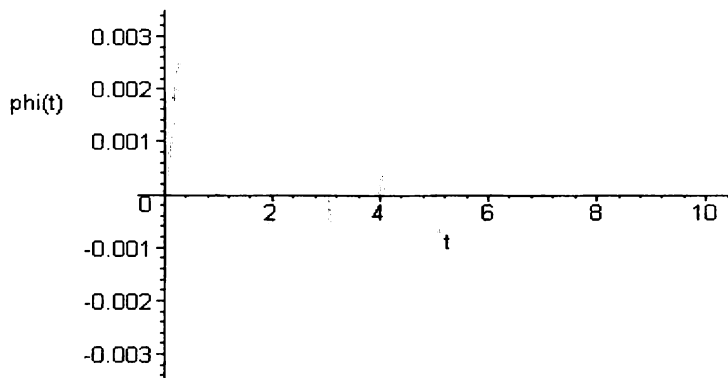


Рис. 3

9. Нахождение силы S из EQt

```
> S:=solve (EQr, S);
```

$$S := m g \cos(\phi(t)) + mL \left( \frac{\partial}{\partial t} \phi(t) \right)^2$$

10. Получение линейного уравнения движения для малых углов  $\phi$ ,  $|\Sigma. \phi| < 1$

```
> subst1 := sin(phi(t)) = phi(t)
```

```
> subst2 := cos(phi(t)) = 1
```

```
> subst3 := g = omega^2 L
```

11. Запись линейного уравнения движения

```
> LEOM:=subs ({subst1, subst2, subst3}, EOM);
```

$$LEOM = \omega^2 \phi(t) + \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} \phi(t) \right) = 0$$

12. Решение LEOM

```
> sol:=dsolve (LEOM, phi (t));
```

$$sol := \phi(t) = \_C1 \sin(\omega t) + \_C2 \cos(\omega t)$$

13. Нахождение констант интегрирования  $\_C1$  – угол  $\phi(t)$  во время  $t = 0$  –  $\_C2$  – угловая скорость  $\text{diff}(\phi(t), t)$ , зависящих от начальных условий

```
> IC1:=phi (0)=phi0;
```

$$IC1 := \phi(0) = \phi_0$$

```
> IC2:=D(phi)(0)=phi_d_0;
      IC2:=D(phi)(0)=phi_d_0
```

14. Полное решение уравнения

```
> Csol:=dsolve({LEOM, IC1, IC2}, phi(t));
      Csol:=phi(t)=frac(phi_d_0 sin(omega t))
                        omega + phi_0 cos(omega t)
```

Выражение  $\omega$  называется *циклической (круговой) частотой*. В физике пользуются обычно для характеристики колебаний и часто говорят о ней просто как о частоте. Единица  $\omega$  - 1/с (1 в секунду). Иногда используют *собственную частоту*  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  для описания движения. Единица измерения  $f$  - 1 Гц (Герц).

Обратная величина  $f$  называется *периодом*  $T = \frac{1}{f}$  или  $T = \frac{2\pi}{\omega}$

15. Формула периода

```
T:=expand(subs(1/omega=sqrt(L/g), 2*Pi/omega));
      T:=2 pi sqrt(L/g)
```

16. Нахождение уравнения движения маятника с некоторыми конкретными значениями.

Ускорение свободного падения

```
> g:=9.81
```

Значения для массы и длины нити (могут быть изменены)

```
> L:=10
```

```
> m:=10
```

Задание уравнения движения

```
> assign(subs(1/omega=sqrt(L/g), Csol));
```

```
> phi(t)
```

```
1.009637555 phi_d_0 sin(omega t) + phi_0 cos(omega t)
```

Частота движения

```
> omega:=sqrt(g/L)
```

```
omega:=.9904544412
```

Собственная частота

```
> f:=evalf(omega/(2 pi))
```

```
f:=.1576357202
```

Период движения

```
> evalf(T);
```

6.343739852

17. Построение зависимости  $\varphi(t)$  более чем за 10 периодов

```
>  $\phi_0 := .1$ 
```

```
>  $\phi_{i\_d\_0} := 0$ 
```

```
> P1:=plot(phi(t),t=0..10*T, color=blue):
```

```
> display(P1);
```

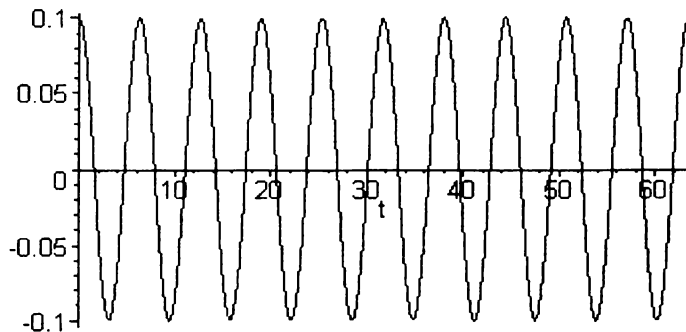


Рис. 4

18. Построение графика силы  $S$

```
> P2:=plot(S,t=0..10*T, 0..m*g*1.2, color=black):
```

```
> display(P2);
```

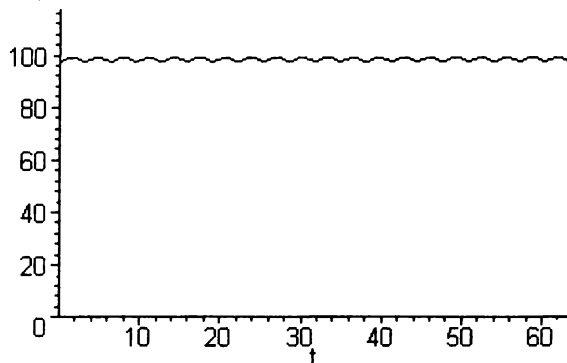


Рис. 5

Видим, что сила нити  $S$  всегда положительна.

19. Анимация движения маятника – рис. 5. Можно посмотреть, что получается, если изменить начальные условия: массу или длину маятника. Чтобы начать просмотр в Maple, нужно кликнуть мышкой на рисунке и выбрать «play».

```
>display (Fig_3_3 (L,m,eval(phi(t)), t, 10*T), insequence =true,scaling =constrained,axes=none);
```



Рис. 6

#### Литература

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Механика. М.: Наука, 2001.
2. <http://www.dongu.donetsk.ua/MATFAK/tour/creative.htm>

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ЭВРИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

*Т. Ю. Круземан*

Нижнетагильский государственный педагогический институт

В настоящее время основная задача образования состоит в создании условий для развития личности каждого учащегося. Главенствующие в педагогике концепции личностно-ориентированного и развивающего обучения выдвигают идеи и принципы, следуя которым можно решить поставленную задачу. Идеи развивающей школы считаются наиболее доказанными и широко признанными [1].

Ведущими методами обучения в развивающей модели являются проблемный, частично-поисковый, эвристический. С нашей точки зрения, наиболее применим к урокам физики эвристический подход. Его характерная черта – реализация идеи «обучение через открытие». В рамках этого подхода учащиеся самостоятельно «открывают» и изучают не известные им до тех пор объекты.