

Майер Роберт Валерьевич,

*д-р пед. наук, профессор кафедры физики и дидактики физики,
ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт»,
г. Глазов, Удмуртская Республика, Россия*

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ N ТЕЛ НА ЗАНЯТИЯХ ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

В статье обсуждаются: 1) методы и результаты численного решения задачи N тел при изучении компьютерного моделирования, физики и астрономии; 2) программа, моделирующая полет космического аппарата от Земли до Луны.

Ключевые слова: астрономия, физика, метод Эйлера, программирование.

Robert V. Mayer,

*Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor of Physics and Physics Didactics Chair,
FSBEI of HE «The Glazov Korolenko State Pedagogical Institute»,
Glazov, Republic of Udmurtiya, Russia*

THE NUMERICAL SOLVING OF THE N-BODIES TASK ON COMPUTER MODELING LESSON

The paper are discussed: 1) methods and results of the numerical decision of the N-bodies task at study of computer modeling, physics and astronomy; 2) programs simulating flight of a space vehicle from the Earth up to the Moon.

Keywords: astronomy, physics, Euler method, programming.

Применение компьютерных моделей при решении физических задач помогает активизировать учебную деятельность, сформировать наглядный образ изучаемых объектов и процессов, на высоком уровне изучить различные вопросы физики и астрономии, повысить интерес учащихся к ИТ и установить межпредметные связи с математикой, физикой и информатикой [1]. В связи с этим определенный интерес представляет собой проблема движения системы из N взаимодействующих частиц в силовом поле. При её анализе могут быть решены следующие задачи [2, 3]:

- 1) моделирование движения одной или нескольких (3-4) планет или комет вокруг Солнца;
- 2) проверка первого, второго и третьего законов Кеплера;
- 3) расчет движения тела в поле тяготения Земли;
- 4) расчет движения космического аппарата к Луне или Марсу;
- 5) вращение планеты со спутником (или двойной планеты типа Плутон-Харон) вокруг звезды;
- 6) вращение двойной звезды, вокруг которых движется планета;
- 7) падение вещества на чёрную дыру, входящую в двойную систему, образование диска аккреции;
- 8) движение альфа-частицы в поле неподвижных положительно заряженных ядер атомов;
- 9) движение молекул газа в сосуде со стенками, находящемся в гравитационном поле;
- 10) самопроизвольное перемешивание молекул двух газов (диффузия);
- 11) движение и взрыв снаряда в однородном гравитационном поле (снаряд моделируется 4 частицами, между которыми во время взрыва действует сила отталкивания);
- 12) движение заряженной частицы в поле одной или нескольких неподвижных заряженных частиц (отклонение потока частиц одним или несколькими электродами).

Для расчёта движения частиц, взаимодействующих с силами гравитации, применяется программа, содержащая цикл по времени, в котором вычисляются проекции силы (F_{ix}^{t+1} , F_{iy}^{t+1}), скорости (v_{ix}^{t+1} , v_{iy}^{t+1}) и координаты (x_i^{t+1} , y_i^{t+1}) для каждой частицы в следующий момент ($t + 1$) и результаты выводятся на экран. При этом используются формулы (для оси Oy – аналогично):

$$F_{ix}^{t+1} = - \sum_{j=1}^N \frac{Gm_i m_j}{(r_{ij}^t)^2} \cdot \frac{x_i^t - x_j^t}{r_{ij}^t}, \quad (1)$$

$$v_{ix}^{t+1} = v_{ix}^t + F_{ix}^{t+1} \Delta \tau / m_i, \quad (2)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_{ix}^{t+1} \Delta \tau. \quad (3)$$

Программа 1 – Полет космического аппарата к Луне.

```
uses graphabc; const N=3; dt=2E-5;
var m,Fx,Fy,x,y,vx,vy:array[1..N] of real;
i,j,k:integer; t,ax,ay,F,l:real; label metka;
BEGIN Maximizewindow; m[1]:=81; m[2]:=1; m[3]:=0.01;
y[1]:=300;y[2]:=300;y[3]:=300; x[1]:=500;x[3]:=555;x[2]:=700;
vy[1]:=0; vy[2]:=-5; vy[3]:=-9;
Repeat t:=t+dt; inc(k); For i:=1 to N do begin Fx[i]:=0; Fy[i]:=0; end;
For i:=1 to N do For j:=1 to N do begin
If j=i then goto metka; l:=sqrt(sqr(x[i]-x[j])+sqr(y[i]-y[j]));
If l<1 then l:=1; F:=-50*m[i]*m[j]/sqr(l); Fx[i]:=Fx[i]+F*(x[i]-x[j])/l;
Fy[i]:=Fy[i]+F*(y[i]-y[j])/l; metka: end;
If (t>42)and(t<42+dt) then begin vx[3]:=1.25*vx[3];vy[3]:=1.25*vy[3]; end;
If (t>105)and(t<105+dt) then begin vx[3]:=0.5*vx[3];vy[3]:=0.5*vy[3]; end;
For i:=1 to N do begin ax:=Fx[i]/m[i];ay:=Fy[i]/m[i]; vx[i]:=vx[i]+ax*dt;
vy[i]:=vy[i]+ay*dt; x[i]:=x[i]+vx[i]*dt; y[i]:=y[i]+vy[i]*dt; end;
If k>10000 then begin {clearwindow;} k:=0; circle(round(x[1]),round(y[1]),50);
For i:=1 to N do circle(round(x[i]),round(y[i]),2); end;
until t>1000; END.
```

На рис. 1 представлены результаты моделирования следующих явлений:

1. Движение планеты и вращающегося вокруг нее спутника вокруг звезды; масса спутника в 20–100 раз меньше массы планеты (рис. 1.1).

2. Полет корабля от Земли до Луны (рис. 1.2, программа 1).

Сначала корабль движется по орбите вокруг Земли, а затем в момент t_1 происходит резкое увеличение скорости, что позволяет ему перейти на сильно вытянутую орбиту и приблизиться к Луне. В момент t_2 он уменьшает скорость и его захватывает гравитационное поле Луны.

3. Движение двух звезд вокруг общего центра масс и планеты, вращающейся вокруг одной из них (рис. 1.3).

4. Движение двойной звезды и планеты, которая захватывается и увлекается гравитационным полем одной звезды, увеличивает свою скорость и улетает прочь (рис. 1.4).

5. Формирование спиральной галактики из вращающегося газопылевого комплекса из 800 – 1000 частиц (рис. 1.5 и 1.6).

6. Движение приливных волн, создаваемых на поверхности планеты вращающимся спутником (рис. 1.7). Поверхность воды моделируется частицами, которые связаны между собой вязкоупругими связями.

7. Падение частиц вещества одного компонента двойной звезды на другой компонент и образование диска аккреции (рис. 1.8). Частицы, упавшие на вторую звезду, возвращаются программой к началу своего пути.

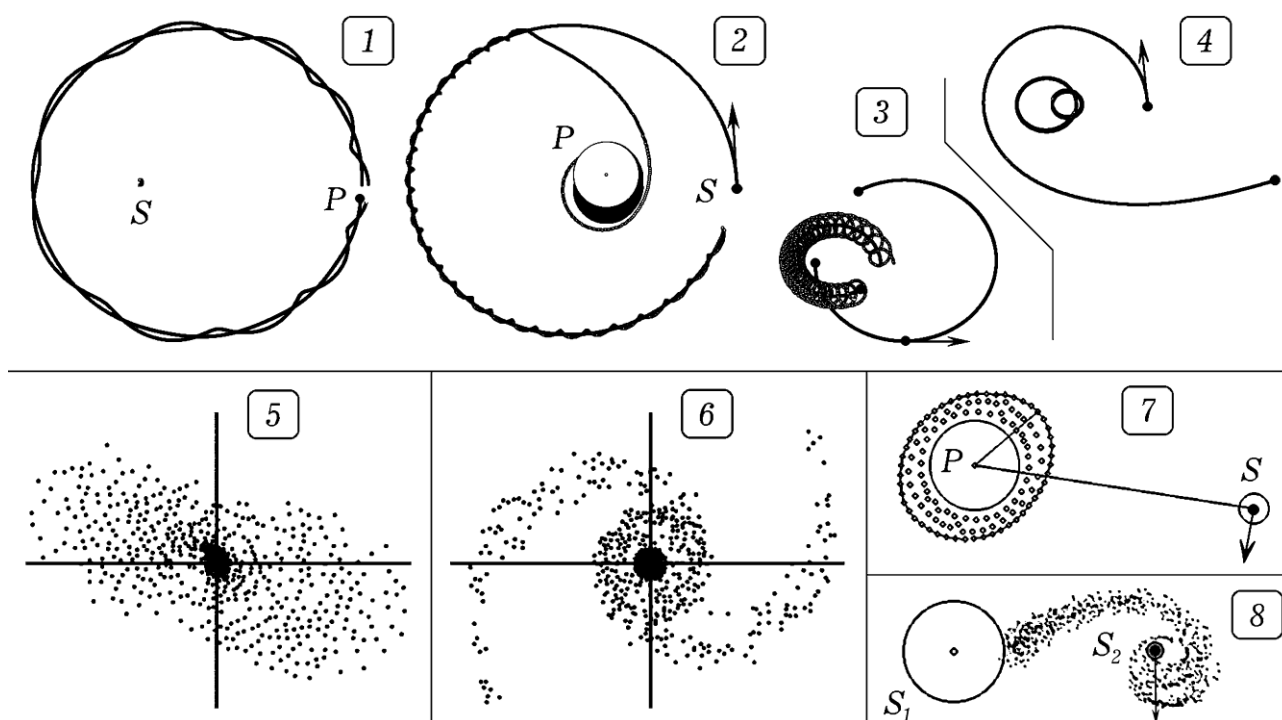


Рисунок 1 – Результаты решения некоторых астрофизических задач

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красильникова В.А. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебное пособие. – М.: «ООО Дом педагогики», 2006. – 231 с.
2. Майер Р.В. Компьютерное моделирование движения частиц в электрическом и магнитном полях // Устойчивое развитие науки и образования. – 2017. – № 8.
3. Майер Р.В. Компьютерное моделирование при изучении астрономии: проверка третьего закона Кеплера // Педагогическая информатика. – 2017. – №1.