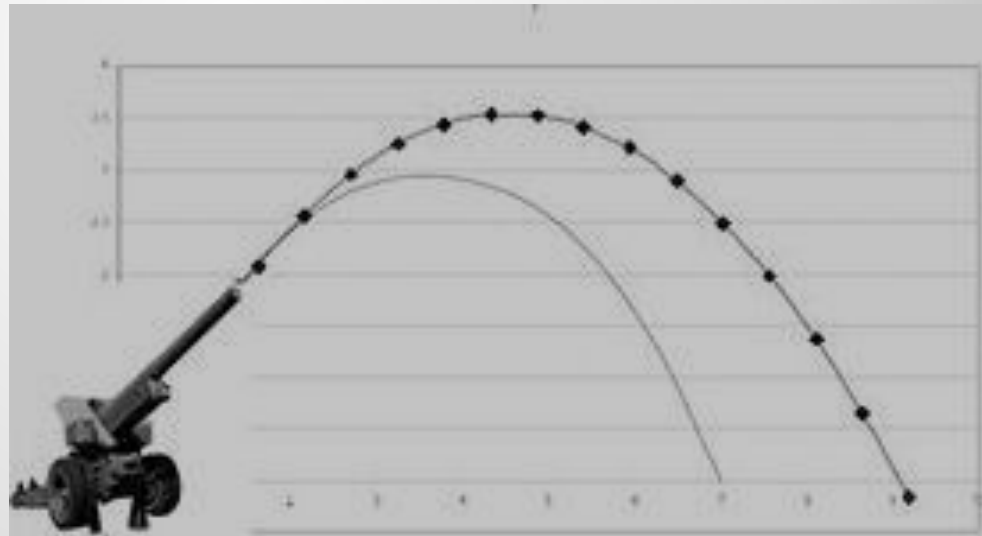


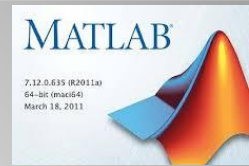
**Виртуальная лабораторная работа:  
Движение тела в поле сил земного  
тяготения с учетом зависимости  
ускорения свободного падения от  
высоты.**



# Цели и задачи проекта

- **Повысить** учебно–познавательную мотивацию учащихся
- **Развить** навыки работы с информацией:  
самостоятельного поиска в различных источниках,  
отбора, анализа и систематизации
- **Изучить** материал по теме «Движение тела в поле силы тяжести»
- **Исследовать** параметры траектории материальной точки с учетом высотной зависимости ускорения свободного падения
- **Получить** дополнительные знания по методу приближенных вычислений Эйлера
- **Познакомиться** с работой в среде программирования MATLAB

## Ожидаемые результаты:



- **Создание** силами учащихся виртуальной лабораторной работы по физике программного продукта в среде MATLAB 2009 по теме: Движение тела в поле силы земного тяготения.
- Построение графиков, описывающих кинематические характеристики движения тела, таких как:
  - траектория, зависимость координат и составляющих скорости от времени,
  - а также построение кривых зависимости отклонения параметров траектории от их значений для случая, когда ускорение свободного падения полагается неизменным и равным его значению на поверхности Земли

# Состав проекта

- Презентация виртуальной лабораторной работы: Движение тела в поле сил земного тяготения с учетом зависимости ускорения свободного падения от высоты .
- Листинг программы freefall
- Презентация Алешина Я.,10класс : Моделирование физической задачи о движении тела в поле силы земного тяготения в присутствии силы сопротивления, пропорциональной скорости.

Скриншот работы на конкурс методических разработок  
<http://pedsovet.org/content/view/19345>

## Теория:

Для решения задачи о траектории тела, движущегося в поле переменной силы использовался метод приближенных вычислений (аналогичный методу Эйлера)

$$g(h) = \frac{g_0}{(1 + h/R_\zeta)^2}$$

$$x_1 = x_0 + V_0 \cdot \cos \alpha \cdot \Delta t;$$

$$y_1 = y_0 + V_0 \cdot \sin \alpha \cdot \Delta t - \frac{g_0 \cdot (\Delta t)^2}{2} \quad 1.2$$

$$g_1 = \frac{g_0}{(1 + y_1/R_\zeta)^2}$$

$$y_2 = y_1 + V_{1y} \cdot \Delta t - \frac{g_1 \cdot (\Delta t)^2}{2};$$

$$x_2 = x_1 + V_0 \cos \alpha \cdot \Delta t;$$

$$g_2 = \frac{g_0}{(1 + y_2/R_\zeta)^2}$$

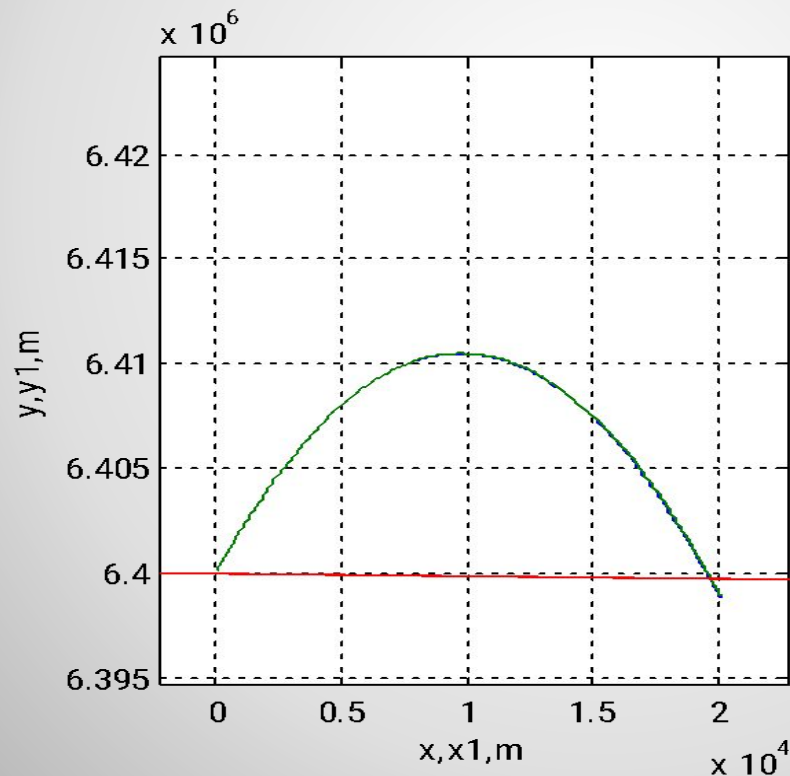
1.4

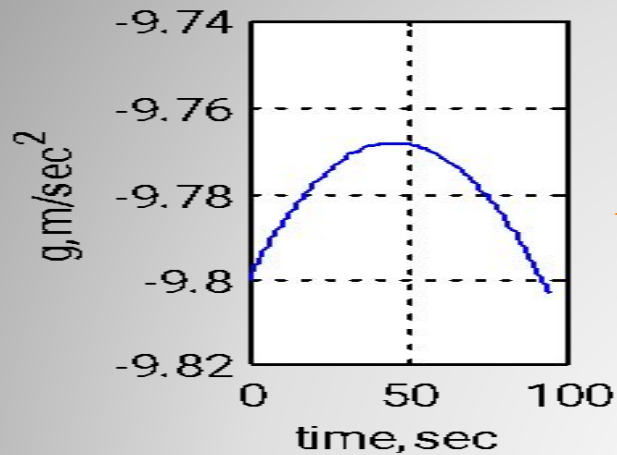
$$V_{1y} = V_0 \sin \alpha - g_0 \cdot \Delta t,$$

$$V_{1x} = V_0 \cos \alpha$$

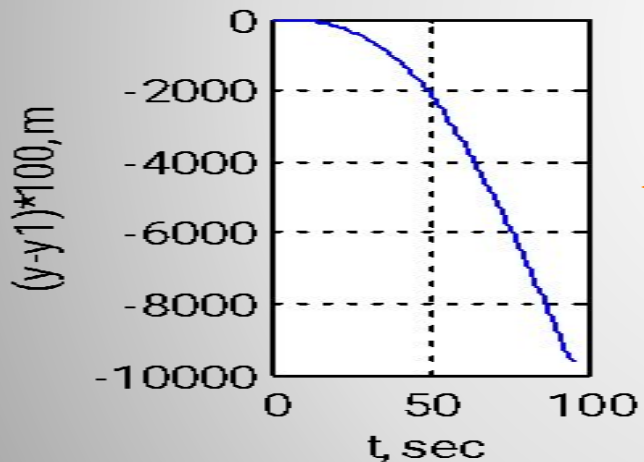
- Повторяя эту процедуру  $N$  раз, мы получим массив значений координат и скоростей точки.
- на каждом этапе вычисляются значения координат и скоростей с неизменным значением ускорения  $a$ , а затем вычисляется разность значений координаты  $y$  для двух значений  $g_0$  и  $g(y)$
- Выражения (1.2) - (1.4) справедливы в приближении «плоской» Земли, т.е. не учитывают кривизну поверхности. Поэтому, они были исправлены, что привело к необходимости учета ускорения вдоль оси  $ox$ .

1-й “опыт”. Тело бросают с поверхности Земли ( $y_0 = 6400$  км,  $x_0 = 0$ ; поверхность Земли – сфера радиусом 6400 км выделена красным цветом) под углом  $65^\circ$  с начальной скоростью 500 м/с





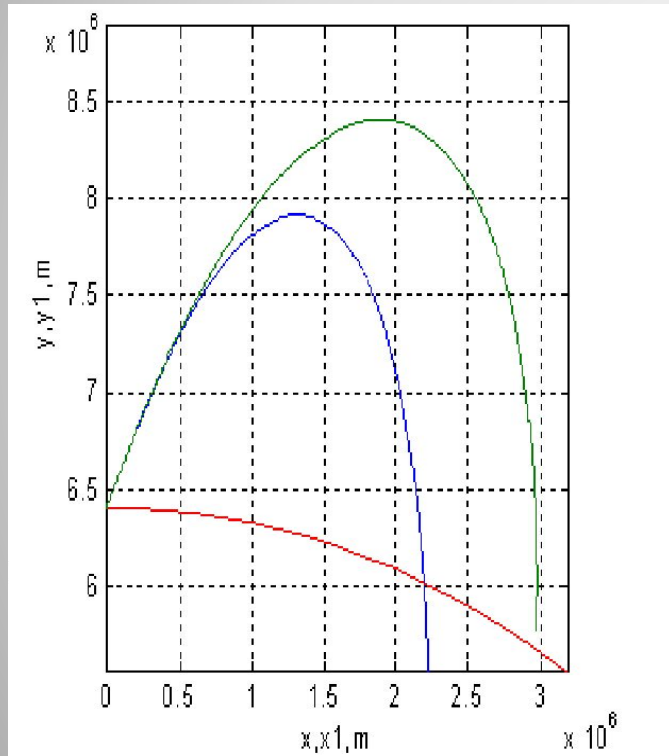
зависимость  $g$  от времени.



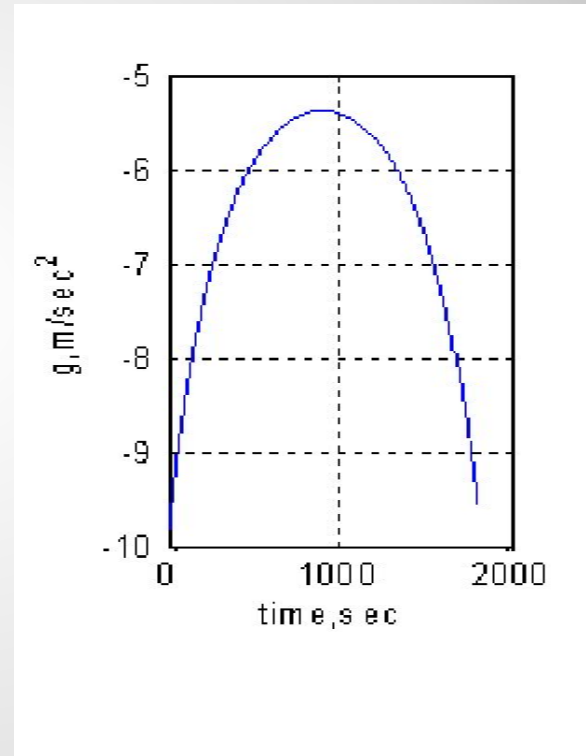
увеличенное в 100 раз отклонение  
вертикальной координаты  $(y-y_0)$   
 $\cdot 100$   
от ее значения в случае  
 $g = \text{const} = 9.8 \text{ м/с}^2$ .



## 2-й “опыт”. Увеличим начальную скорость до $V_0 = 6000\text{ м/с}$ !



Траектория тела во  
втором опыте



Зависимость  $g$  от  
времени

## Примечание по поводу схемы Эйлера при меняющемся ускорении

- $x_1 = x(t_1), \quad v_1 = v(t_1), \quad a_1 = a(v_1).$
- $v_2 = v(t_2) = v_1 + a_1 \Delta t$
- $x_2 = x(t_2) = x_1 + v_1 \Delta t$  \*
- $v_3 = v(t_3) = v_2 + a_2 \Delta t = v_1 + a_1 \Delta t + a_2 \Delta t,$
- $x_3 = x(t_3) = x_2 + v_2 \Delta t = x_1 + v_1 \Delta t + v_2 \Delta t$
- $v_N = v(t_N) = v_{N-1} + a_{N-1} \Delta t$
- $x_N = x(t_N) = x_{N-1} + v_{N-1} \Delta t.$

## Литература:

- Шпольский Э.В. Атомная физика. ОГИЗ.1941г
- Ю.Кетков, А.Кетков, Шульц М.–МАТЛАБ 6,Х.: программирование численных методов. С-Петербург “БХВ-Петербург”. 2004.

