

# Задание:

**Промоделировать процесс:  
исследовательский зонд,  
снабжённый разгонным двигателем  
малой мощности, выстреливается  
с поверхности Земли вертикально  
вверх.**

**На максимальной высоте  
автоматически раскрывается  
парашют и зонд возвращается на  
Землю.**

# Внешний вид процесса:



## ***Введение:***

- ❖ *Настоящая работа моделирует полёт исследовательского зонда в поле земного тяготения.*
- ❖ *Поскольку рассматривается движение тела с учётом сопротивления среды (воздуха), то в работе применены численные методы.*
- ❖ *Работа выполнена в среде MS Excel 2003.*
- ❖ *Данный пакет предназначен для выполнения расчётов любого уровня сложности, а также для отображения результатов расчётов в графическом виде, что позволяет наглядно оценивать результаты.*

# Процесс выполнения работы:

- Исходные данные для расчётов:

<u>Исходные данные:</u>		
Начальный момент времени при снижении ( $t_{0\text{сниж.}}$ ):	0	с
Начальная координата при снижении ( $X_0$ ):	0	м
Начальная скорость при снижении ( $V_{0\text{сниж.}}$ ):	0	м/с
Форма зонда:	<b>шар</b>	
Коэффициент сопротивления шара (с):	<b>0,4</b>	
Масса зонда:	<b>10</b>	кг
Форма купола парашюта:	<b>круг</b>	
Коэффициент сопротивления купола (k):	<b>0,9</b>	
Приращение времени ( $\Delta t$ ):	0,1	с
Ускорение свободного падения (g):	<b>9,81</b>	м/с <sup>2</sup>

# Расчётные формулы:

$$a = g - \frac{kV^2}{m}$$

$$t_{i+1} = t_i + \Delta t$$

$$V_{i+1} = V_i + a_i \cdot \Delta t$$

$$X_i = X_0 + V_0 \cdot \Delta t + \frac{a_i \cdot \Delta t^2}{2}$$

# Формулы Excel:

- Расчёт времени:
- **=B52+\$B\$31**
- Расчёт скорости:
- **=C52+E52\*\$B\$31**
- Расчёт пути:
- **=D52+C52\*\$B\$31+E52\*\$B\$31^2/2**
- Расчёт ускорения:
- **=\$B\$32-(\$B\$30\*C52^2)/\$B\$28**
- Определение постоянной скорости:
- **=ЕСЛИ(ОКРУГЛ(E53;3)<=0,001;"постоянная скорость."; "скорость растёт...")**

# Расчётная таблица (фрагмент):

## Моделирование снижения зонда на парашюте:

Расчёт времени:	Расчёт скорости:	Расчёт пути:	Расчёт ускорения:	Определение постоянной скорости:
0	0	0	9,810	
0,10	0,981	0,05	9,723	скорость растёт...
0,20	1,953	0,20	9,467	скорость растёт...
0,30	2,900	0,44	9,053	скорость растёт...
0,40	3,805	0,77	8,507	скорость растёт...
0,50	4,656	1,20	7,859	скорость растёт...
0,60	5,442	1,70	7,145	скорость растёт...
0,70	6,156	2,28	6,399	скорость растёт...
0,80	6,796	2,93	5,653	скорость растёт...
0,90	7,362	3,64	4,933	скорость растёт...
1,00	7,855	4,40	4,257	скорость растёт...
1,10	8,281	5,20	3,639	скорость растёт...
1,20	8,644	6,05	3,085	скорость растёт...
1,30	8,953	6,93	2,596	скорость растёт...

## Графики скорости и ускорения:

Зависимость скорости и ускорения снижения зонда от времени





# Вывод:

- В ходе выполнения работы выяснилось, что при движении (снижении) тела в среде, обладающей некой плотностью, скорость снижения сначала возрастает, затем достигает некоего предельного (постоянного) значения и остаётся таковой до окончания снижения тела.

**Благодарю за  
внимание!**