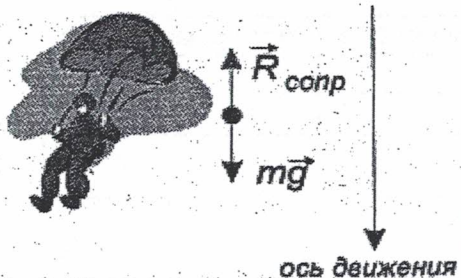


## Движение парашютиста.

### 1 этап. Описание задачи.



Парашютист при падении к земле испытывает действие силы тяжести и силы сопротивления воздуха.

Экспериментально установлено, что сила сопротивления зависит от скорости движения: чем больше скорость, тем больше сила.

При движении в воздухе эта сила пропорциональна квадрату скорости с некоторым коэффициентом сопротивления  $k$ , который зависит от конструкции парашюта и веса человека  $R_{сопр} = k \cdot V^2$ .

Каково должно быть значение этого коэффициента, чтобы парашютист приземлился на землю со скоростью не более 8 м/с, не представляющей опасности для здоровья?

#### Цели моделирования:

1. исследовать процесс движения парашютиста при падении к земле;
2. подобрать такой коэффициент сопротивления, при котором парашютист приземлился со скоростью не более 8 м/с.

### 2 этап. Разработка модели.

Для моделирования выберем среду электронной таблицы. В этой среде информационная и математическая модель объединяются в таблицу, которая содержит три области:

- исходные данные; - промежуточные расчеты; - результаты.

1. Заполните область исходных данных.

2. Заполните расчетные столбцы А, В, С и D, в которых вычисляются параметры движения парашютиста: - время; - скорость; - расстояние; - ускорение.

3. Введите формулы в расчетные ячейки.

### 3 этап. Компьютерный эксперимент.

	A	B	C	D
1.	<u>Исходные данные</u>			
2.	Масса человека		80	
3.	Коэффициент сопротивления		3	
4.	Приращение времени		0,5	
5.	Ускорение свободного падения		9,81	
6.	Начальная скорость		0	
7.	<u>Расчет</u>			
8.	Время	Скорость	Расстояние	Ускорение
9.	0	=C\$6	0	=C\$5-C\$3*B9^2/C\$2
10.	=A9+C\$4	=B9+D9*C\$4	=C9+B9*C\$4+D9*C\$4^2/2	Заполнить вниз
11.	Заполнить вниз	Заполнить вниз	Заполнить вниз	

#### Проведение исследования.

##### Тестирование.

1. Сравните результаты тестового расчета с результатами, приведенными в примере расчета:

	A	B	C	D
8.	Время	Скорость	Расстояние	Ускорение
9.	0	0,00	0,00	9,81
10.	0,5	4,91	1,23	8,91
11.	1	9,36	4,79	6,53
12.	1,5	12,62	10,29	3,84
13.	2	14,54	17,08	1,88

Постройте диаграмму изменения скорости, ускорения и расстояния в зависимости от времени.

### Эксперимент 1. Исследование движения с учетом сопротивления воздуха

Определите по диаграмме и по таблице, как изменяется с течением времени скорость движения парашютиста. Через сколько секунд наступает стабилизация скорости падения?

Определите по диаграмме и по таблице, как изменяется с течением времени ускорение парашютиста.

Определите по диаграмме и по таблице, какое расстояние пролетит парашютист до стабилизации скорости движения. Результаты исследования приведите в таблице.

Эксперимент 1	Шаг времени 0,5 с	Шаг времени 0,1с
Скорость стабилизации движения		
Время стабилизации движения		
Расстояние полета до стабилизации		

4. Измените шаг времени (0,1 с) и определите скорость стабилизации движения, расстояние полета до стабилизации. Результаты исследования приведите в таблице.

### Эксперимент 2. Подбор коэффициента сопротивления.

Изменяя значение коэффициента  $k$  (ячейка С3), подберите скорость стабилизации движения, безопасную для приземления тренированного человека (8 м/с).

### Эксперимент 3. Исследование стабилизации скорости и расстояния в зависимости от начальной скорости.

Парашютист, выпрыгнув из самолета, некоторое время летит в свободном падении, набирает достаточно большую скорость движения, и только потом раскрывает парашют.

1. Измените значение начальной скорости (10 м/с).

2. По таблице расчетов определите, как изменится:

- начальное ускорение,
- скорость стабилизации,
- расстояние полета до стабилизации скорости.

3. Результаты эксперимента запишите в таблицу.

Сделайте вывод.

### Результаты эксперимента 3.

Эксперимент 3	Шаг времени 0,5 с	Шаг времени 0,1 с
Скорость стабилизации движения		
Время стабилизации движения		
Расстояние полета до стабилизации		

*Примечание.* Обратите внимание, как изменяется начальное ускорение. Учтите, что оно не может быть большим, так как ускорение  $3g$  (30 м/с<sup>2</sup>) вызывает очень большие перегрузки.

### 4 этап. Анализ результатов моделирования.

По результатам компьютерного эксперимента ответить на следующие вопросы:

1. Как изменяется скорость парашютиста с течением времени?
2. Как изменяется скорость парашютиста при изменении коэффициента сопротивления?
3. Каким должен быть коэффициент сопротивления, чтобы парашютист опустился на землю со скоростью 8 м/с?
4. Как изменяется скорость движения и как зависит установившаяся скорость равномерного движения парашютиста от начальной скорости?
5. Через сколько секунд после начала движения скорость парашютиста можно считать установившейся?
6. На какой высоте от земли парашютист должен раскрыть парашют, чтобы приземлиться с заданной скоростью.