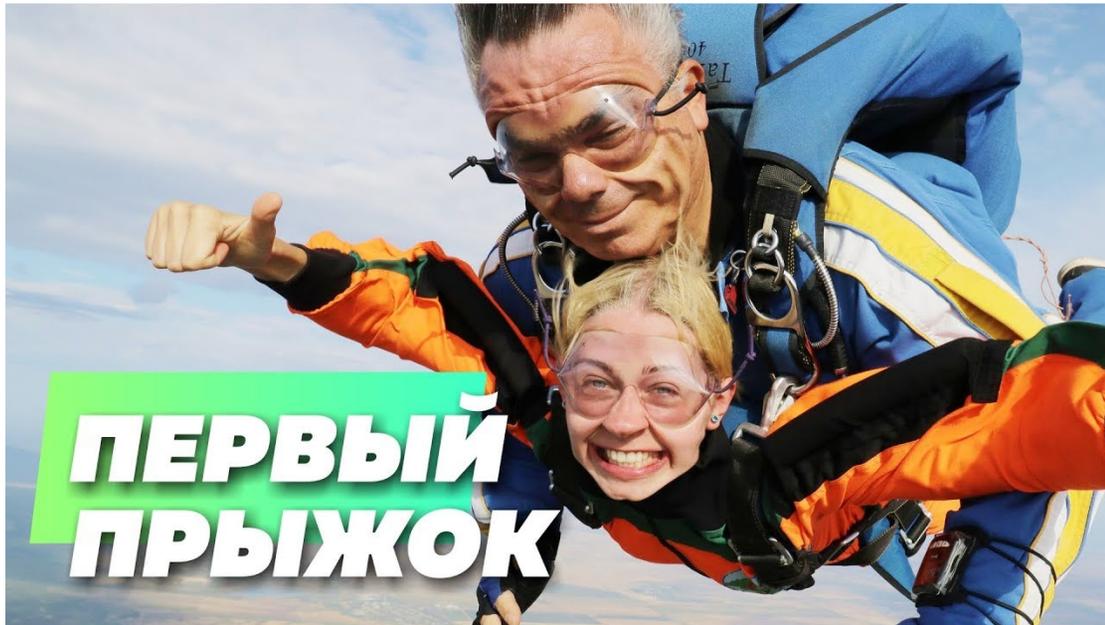


УЧЕБНЫЙ ПРОЕКТ
«Расчет движения тел в поле
тяготения с использованием
табличных процессоров»

Учитель физики
ГБОУ СОШ 117
Петров Д.Н.

Проект «работает» в среде 9-ти классников и старше.



Эксплуатируется
присущее многим
подросткам
желание прыгнуть
с парашютом...

Ученики уже
знают программы
Excel или Calc или
аналогичные



Microsoft Office Excel



LibreOffice Calc

В табличном процессоре надо знать:

1. Как написать формулу

В ячейке запись начинается с символа

=

2. Как использовать адресацию – относительную и абсолютную

В формулах подставляются адреса
ячеек вида **A3** или **\$A\$3**

Почему проект УЧЕБНЫЙ ?

- В «большой науке» ЭТО исследовано вдоль и поперёк, все ответы известны, все ходы записаны...
- Удобно использовать элементы такого проекта на т.н. комбинированных уроках (межпредметные связи etc)
- Рассматривается ТЕХНОЛОГИЯ обучения данному проекту.

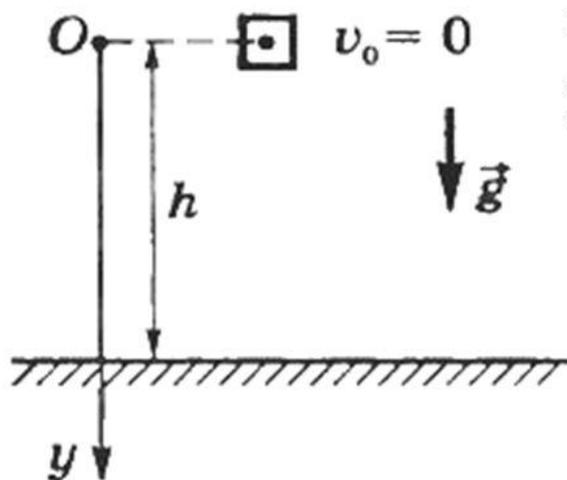
«Прыжок ума не прибавляет!»

генерал-лейтенант ВДВ Чаплыгин П.В.

ШАГ 1. Классическая задача, проверяемая во всех тестах

- Рассчитать время падения тела с какой-то высоты h (и скорость в момент приземления)

Свободное падение без начальной скорости ($v_0 = 0$)



При выбранной системе координат движение тела описывается уравнениями:

$$v_y = gt, y = \frac{gt^2}{2}.$$

Из последней формулы можно найти время падения тела с высоты h :

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Подставляя найденное время в формулу для скорости, получим модуль скорости тела в момент падения:

$$v = \sqrt{2gh}$$

ШАГ 2. ОТВЕТЫ И ПРОБЛЕМЫ

ВЫСОТА	ВРЕМЯ	СКОРОСТЬ
8	1,3	12,5
80	4	Около 40
800	13	125
8000	40	396



Очень важно немного забежать вперёд и говорить об ожидаемых результатах или соотносить с практикой...

1. По опыту неудачных падений парашютистов - примерно 20 секунд с 800 метров
2. Скорость такого парашютиста – около 50 м/с
3. Подозрительно ЛЕГКО преодолели звуковой барьер

ШАГ 3. Контрольный вопрос

- Камень брошен вертикально вверх. В каких точках траектории камень будет иметь максимальное ускорение? Рассмотреть два случая:
 - а) сопротивление воздуха отсутствует;
 - б) сопротивление воздуха растет с увеличением скорости камня.
- а) Ускорение тела во все время его движения постоянно и равно g .
- б) В соответствии со вторым законом Ньютона $a=(mg+F)/m$. При движении вверх сила сопротивления воздуха (как и сила тяжести) направлена вниз и уменьшается по мере подъема (так как при этом уменьшается скорость тела), при спуске же сила сопротивления направлена вверх и увеличивается. Поэтому ускорение тела в начале движения максимально (и больше g), при подъеме оно уменьшается и становится равным g в верхней точке траектории, затем продолжает уменьшаться при спуске и может даже стать равным нулю.

Замечание:

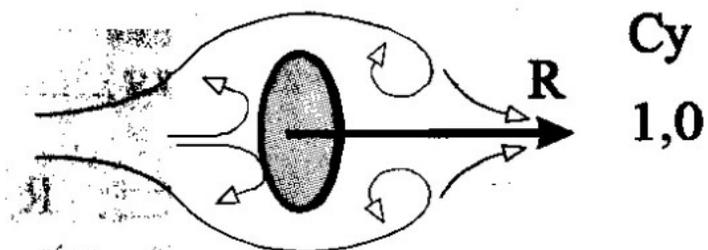
Высокая степень «научности» может только помешать

Число Кнудсена, уравнение Навье-Стокса, расчеты методом дискретных вихрей...

ВАЖНО, НО НЕ СЕЙЧАС!

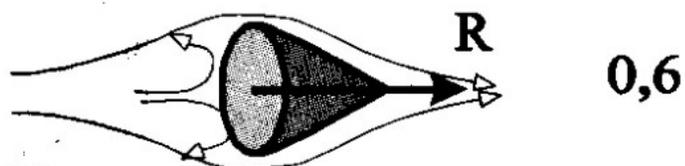
ИСПОЛЬЗУЕМ СТАРУЮ ДОБРУЮ АЭРОДИНАМИКУ

ШАГ 4. Аэродинамическая сила



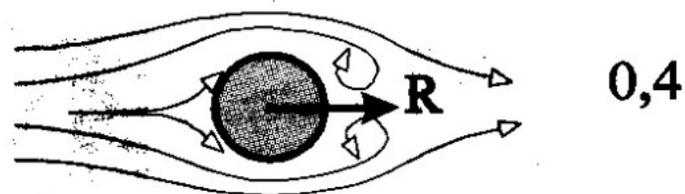
Плоская пластина

C_x
1,0



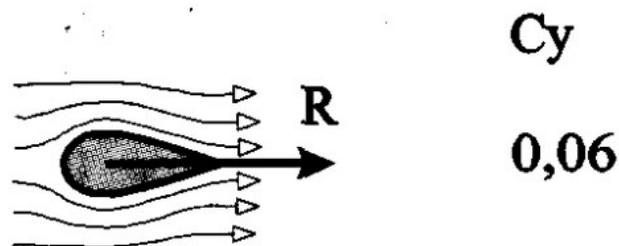
Конус

0,6



Шар

0,4



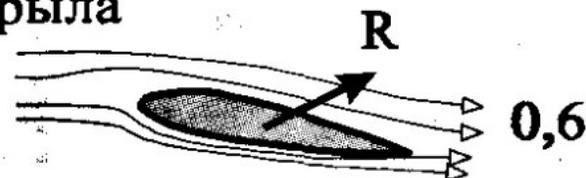
Капля

C_x
0,06



Симметричное обтекание
крыла

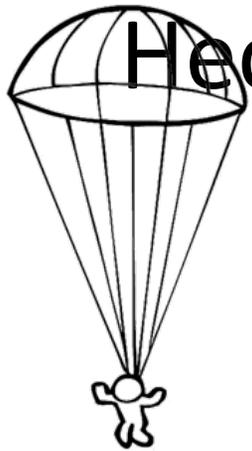
0,04



Несимметричное обтекание
крыла

0,6

ШАГ 5. Необходимые данные.



Несколько «заходов» для ПОДПРОЕКТОВ

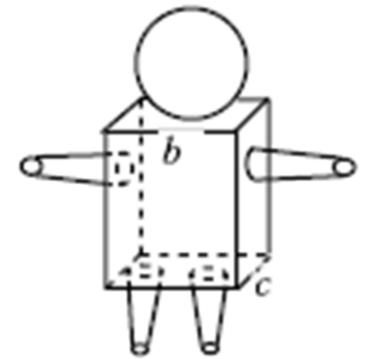
- Выяснить площадь тела человека
- Выяснить какой у человека примерно C_y
- Выяснить ТТХ парашютов

В семидесятые годы на вооружение поступил более совершенный десантный парашют Д-5.

Он прост по конструкции, удобен в эксплуатации, имеет единый метод укладки и обеспечивает совершение прыжков из всех типов военно-транспортных самолетов в несколько потоков на скорости до 400 км/ч.

Основные его отличия от парашюта Д-1-8 заключаются в отсутствии вытяжного шарового парашюта, немедленном вводе в действие стабилизирующего парашюта, отсутствии чехлов основного и стабилизирующего парашютов.

Основной купол площадью 83 м² имеет круглую форму, изготовлен из капрона, масса парашюта 13,8 кг.



Формула Мостеллера

$$ППТ = \sqrt{(\text{рост} * \text{вес} / 3600)}$$

где

- ППТ – площадь поверхности тела, м²
- рост – рост, см
- вес – масса тела, кг

ШАГ 6. АЛГОРИТМ ЭЙЛЕРА

Вначале создаем табличку с исходными данными: плотность воздуха, g , масса и площадь тела etc

ЗАТЕМ - РАСЧЁТНУЮ ТАБЛИЦУ – слева - направо

- Высота
- Время
- Скорость
- Сила притяжения
- Сила сопротивления
- Равнодействующая
- Ускорение
- Изменение скорости
- Новая скорость
- Перемещение
- И замыкаем эту таблицу – складывая перемещение и высоту и организуя новую строку

ШАГ 7. Вид таблички в Calc

А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	
1	МАССА ТЕЛА кг	m	80							
2	УСКОРЕНИЕ m/c^2	g	-9,8							
3	ПЛОЩАДЬ ТЕЛА m^2	S	1							
4										
5	КОЭФФ ТЕЛА	Sy	0,5							
6										
7	НАЧАЛЬНАЯ ВЫСОТА	H	800							
8	ШАГ ПО ВРЕМЕНИ с	dt	0,5							
9	НАЧАЛЬНАЯ СКОРОСТЬ m/c	$V0$	0							
10	ЗАДЕРЖКА ОТКРЫТИЯ с	T	4							
11	ПЛОТНОСТЬ ВОЗДУХА kg/m^3	R	1,25							
12	ВЫСОТА	ВРЕМЯ	СКОРОСТЬ	сила тяж	сила <u>сопр</u>	равнодействующее	ускорение	изменение скорости	нов скор	ПЕРЕМЕЩЕНИЕ
13	800	0	0	-784	0	-784	-9,8	-4,9	-4,9	-1,225
14	798,775	0,5	-4,9	-784	7,503125	-776,496875	-9,70621094	-4,8531054688	-9,75310547	-3,6632763672
15	795,1117236	1	-9,75310547	-784	29,72595821	-754,2740417861	-9,42842552	-4,7142127612	-14,4673182	-6,0551059247

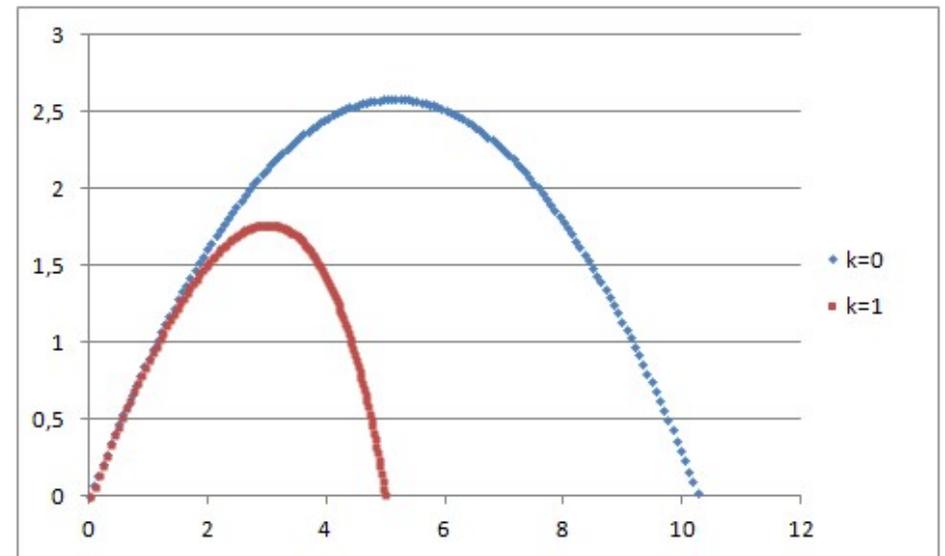
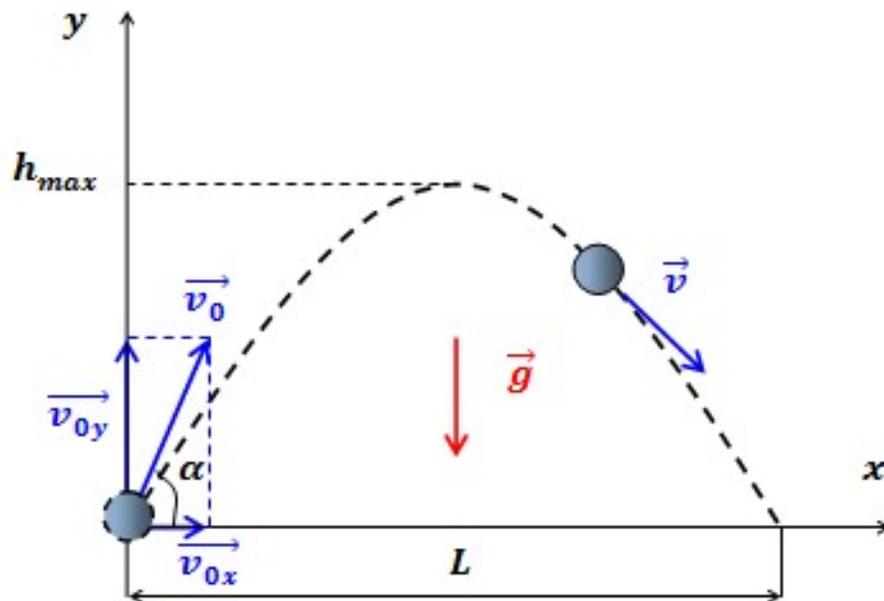
После формирования табличка «растягивается» вниз и вручную контролируется условие $H \geq 0$

ШАГ 8. Анализ и Выводы:

- Действительно, установившаяся скорость свободного падения тела массой 80кг, площадью от 0,5 до 1 м² и коэффициентом $C_y = 0,5-1$ лежит в пределах 50 – 100 м/с
- Свободное падение с высоты 800 м занимает около 20 с
- Десантники парашютируют с $V = 5$ м/с
- Скорость звука практически нереально преодолеть (должна быть очень маленькая плотность воздуха и низкая температура)

ЧТО ДАЛЬШЕ ?

- Поняв алгоритм и методику можно рассчитывать полет ядра (двумерный случай) и убедиться, например, что траектория – не является параболой

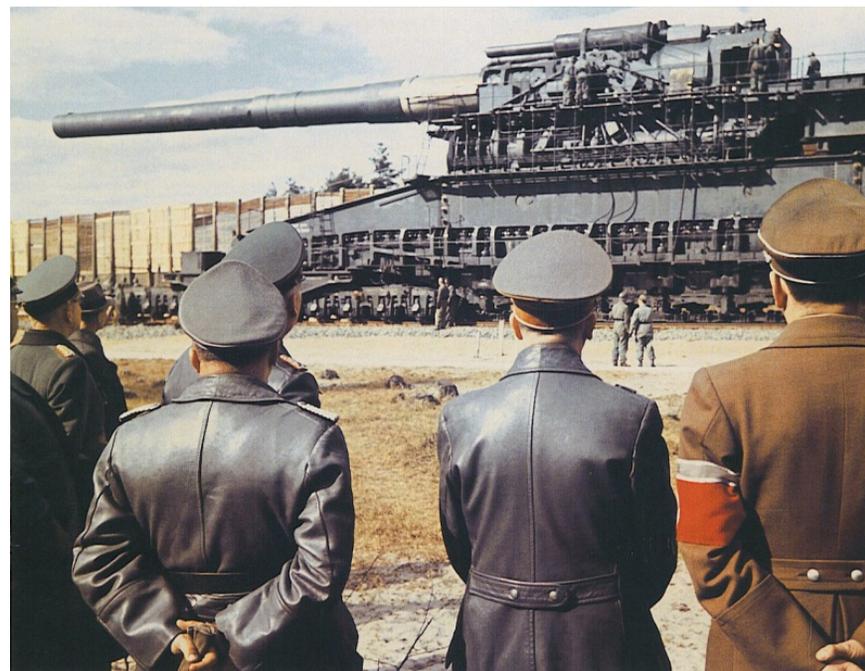


Летний отдых Егора Босняцкого

СЕВАСТОПОЛЬ



Удивила
ДОРА

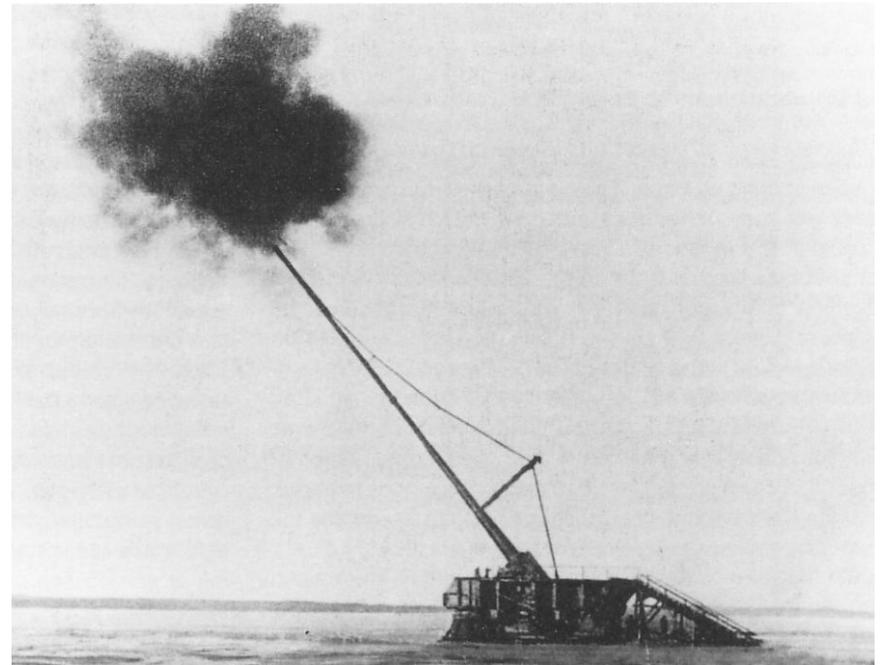


Интерес к артиллерии

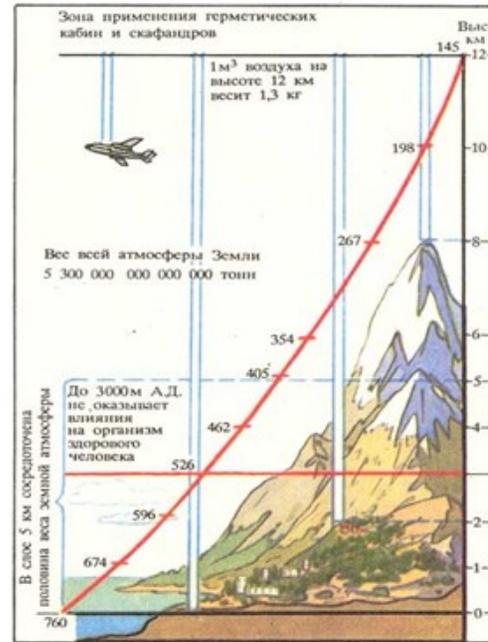
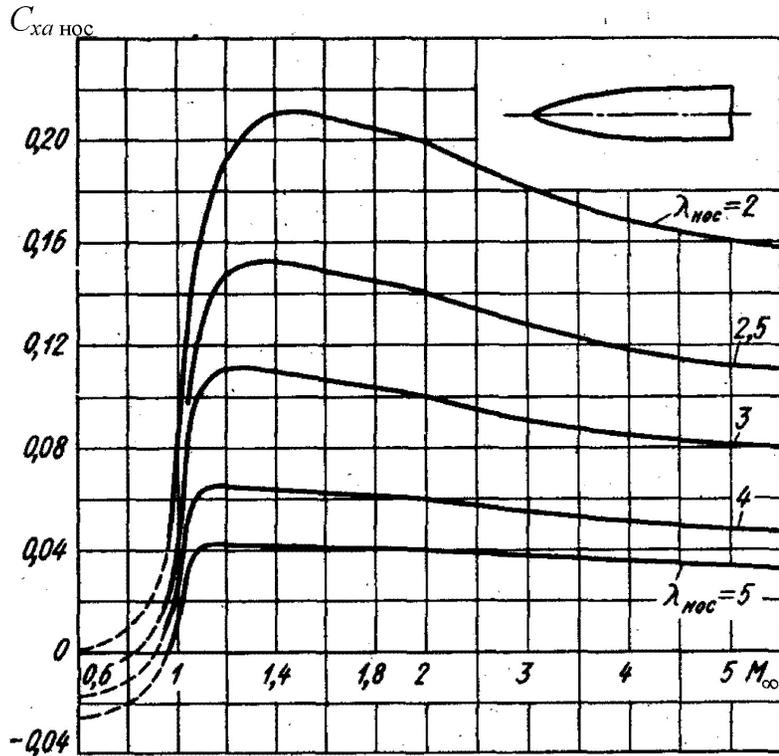
Мортира
«Большая Берта»
1 Мировая
Война



«Труба» кайзера
Вильгельма
обстреливала Париж
на расстоянии 120 км



Гипотеза: угол был не 45, а 50



Высота H в м	Давление P в мм рт. ст.	Температура t° в град. С
0	760,0	+ 15,0
500	716,0	11,8
1 000	674,0	8,5
2 000	596,1	2,0
3 000	525,7	- 4,5
4 000	462,2	- 11,0
5 000	404,8	- 17,5
6 000	353,7	- 24,0
7 000	307,8	- 30,5
8 000	266,8	- 37,0
9 000	230,4	- 43,5
10 000	198,1	- 50,0
11 000	169,5	- 56,5
15 000	90,2	- 56,5
20 000	40,9	- 56,5
25 000	18,6	- 56,5
30 000	8,4	- 56,5

Барометрическая формула

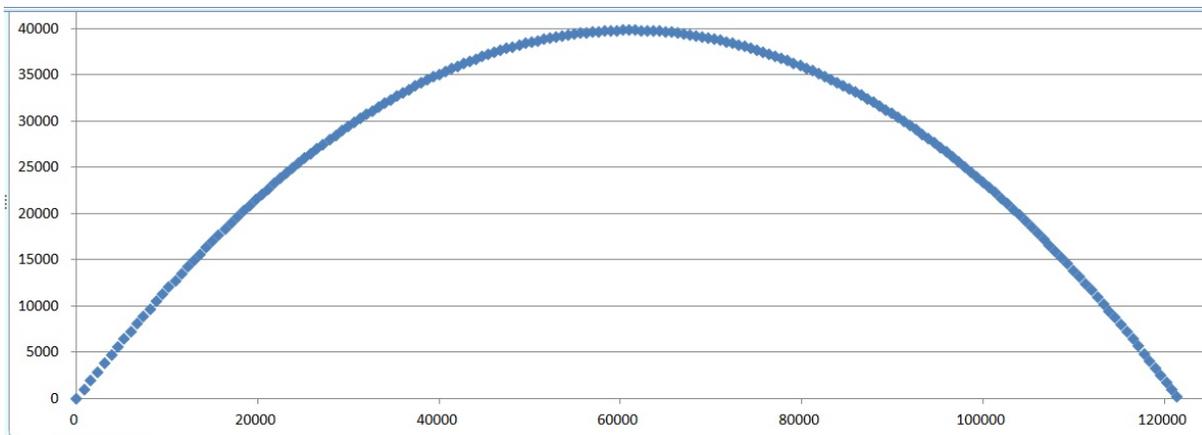
$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\mu \cdot g \cdot h}{R \cdot T}}$$

Лист расчета, траектория и выводы

Microsoft Excel - kazer2_1300.xlsx

Формула: $=\text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 999; \$\text{J}1; \text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 4999; \$\text{J}2; \text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 9999; \$\text{J}3; \text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 19999; \$\text{J}4; \text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 39999; \$\text{J}5; \text{ЕСЛИ}(\text{B}21 <= 59999; \$\text{J}6; 273))))))$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1			pi=	3,141593					от 0 до 999 метров	293	K														
2			g=	-9,81	m/s^2				от 1000 до 4999 м	273	K														
3			m=	120	kg				от 5000 до 9999 м	233	K														
4			v0=	1300	m/s				от 10000 до 19999 м	210	K														
5			a=	55	grad	0,959931			от 20000 до 39999 м	220	K														
6			d=	0,21	m				от 40000 до 59999 м	260	K														
7			S=	0,034636	m^2																				
8			ro0=	1,25	kg/m^3																				
9			cx=	0,1																					
10			dt=	1	s																				
11			h=	1	m																				
12			R=	287	J/(kg*K)																				
13																									
14	X	h	time	velocity	a	vx	vy	gravity	T	ro	Fr	Fr _x	Fry	FX	FY	ax	ay	dvx	dvy	vx	vy	dx	dy	anew	
15	0	1	0	1300	0,959931	745,6494	1064,898	-1177,2	293	1,249854	3658,007	-2098,15	-2996,46	-2098,15	-4173,66	-17,4846	-34,7805	-17,4846	-34,7805	728,1648	1030,117	736,9071	1047,507	0,955471	
16	736,9071	1048,507	1	1261,493	0,955471	728,1648	1030,117	-1177,2	273	1,096216	3021,096	-1743,85	-2466,98	-1743,85	-3644,18	-14,5321	-30,3682	-14,5321	-30,3682	713,6327	999,7489	720,8988	1014,933	0,950861	
17	1457,806	2063,44	2	1228,32	0,950861	713,6327	999,7489	-1177,2	273	0,965402	2522,49	-1465,52	-2053,09	-1465,52	-3230,29	-12,2127	-26,9191	-12,2127	-26,9191	701,42	972,8298	707,5264	986,2894	0,946108	
18	2165,332	3049,73	3	1199,328	0,946108	701,42	972,8298	-1177,2	273	0,853252	2125,455	-1243,06	-1724,05	-1243,06	-2901,25	-10,3588	-24,1771	-10,3588	-24,1771	691,0612	948,6527	696,2406	960,7413	0,94122	
19	2861,573	4010,471	4	1173,673	0,94122	691,0612	948,6527	-1177,2	273	0,756547	1804,797	-1062,67	-1458,78	-1062,67	-2635,98	-8,85557	-21,9665	-8,85557	-21,9665	682,2056	926,6862	686,6334	937,6695	0,9362	
20	3548,206	4948,141	5	1150,718	0,9362	682,2056	926,6862	-1177,2	273	0,672743	1542,713	-914,601	-1242,36	-914,601	-2419,										
21	4226,601	5864,745	6	1129,977	0,931053	674,584	906,5232	-1177,2	233	0,528762	1169,225	-698,014	-938,01	-698,014	-2115,										
22	4898,277	6762,455	7	1112,379	0,925789	668,7672	888,8965	-1177,2	233	0,463518	993,2761	-597,162	-793,722	-597,162	-1970,										
23	5564,556	7642,138	8	1096,778	0,920408	663,7898	873,4731	-1177,2	223	0,40734	847,8065	-512,242	-674,726	-512,242	-1951,										



α	X	t
35 градусо	105,5 км	127 секунд
40 градусо	115,3 км	144 секунды
45 градусо	121 км	160 секунд
50 градусо	122 км	175 секунд

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !

- Если будут вопросы, то почта:
rip1999@mail.ru
- Петров Дмитрий Николаевич