

Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение

«Белоевская средняя общеобразовательная школа »

Учебный проект

**«Создание и исследование компьютерной модели движения тела,
брошенного под углом к горизонту»**

Выполнил: **Коньшин Максим Андреевич**,
учащийся 10 класса МАОУ «Белоевская СОШ»

Руководитель: **Устинов Виктор Гаврилович**,
учитель физики и информатики,
учитель высшей категории,
Заслуженный учитель РФ

с.Белоево, 2022 г.

Содержание

Актуальность темы.....	3
Введение. Цель, задачи, методы исследования.....	4
Создание компьютерных моделей в среде электронных таблиц Excel.....	5
Постановка задачи. Создание математической модели движения тела, брошенного под углом к горизонту.....	6
Компьютерная модель движения тела, брошенного под углом к горизонту в среде Excel.....	9
Результаты эксперимента на основе компьютерной модели движения тела, брошенного под углом к горизонту.....	11
Построение траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту.....	12
Выводы, полученные в результате компьютерного эксперимента.....	14
Источники информации.....	15

Актуальность темы

Часто для исследования предметов, процессов и явлений человек создает модели окружающего мира.

Наглядные модели используются в процессе обучения. На уроке географии мы изучаем нашу планету, используя её модели – карты и глобусы, при изучении химии мы используем модели молекул и кристаллических решеток, изучаем строение человека по анатомическим муляжам скелета и органов на биологии, на уроках физики на компьютерных моделях мы изучаем явления природы.

Модели играют чрезвычайно важную роль в проектировании и создании различных технических устройств, машин и механизмов, зданий, электрических цепей и т.д. Без предварительного создания чертежей невозможно изготовить даже простую деталь, не говоря уже о сложном механизме. Кроме чертежей, в проектировании часто изготавливают макеты. Разработка электрической схемы обязательно предшествует созданию электрических цепей.

Развитие науки невозможно без создания теоретических моделей (теорий, законов, гипотез), отражающих строение, свойства и поведение реальных объектов. Соответствие теоретических моделей действительности проверяется с помощью опытов и экспериментов.

Все художественное творчество фактически является процессом создания моделей. Например, такой литературный жанр, как басня, переносит реальные отношения между людьми на отношения между животными и фактически создает модели человеческих отношений.

Введение

Моделирование – это метод познания, состоящий в создании и исследовании моделей – неких новых объектов, которые отражают существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса. Модель – это некий новый объект, который отражает существенные особенности изучаемого объекта, явления или процесса. Модели позволяют представить в наглядной форме объекты и процессы, недоступные для непосредственного восприятия (очень большие или очень маленькие объекты, очень быстрые или очень медленные процессы).

Компьютерные модели стали обычным инструментом математического моделирования и применяются в физике, астрофизике, механике, химии, биологии, экономике, социологии, метеорологии, других науках и прикладных задачах в различных областях радиоэлектроники, машиностроения, автомобилестроения и прочих. Компьютерные модели используются для получения новых знаний о моделируемом объекте или для приближенной оценки поведения систем, слишком сложных для аналитического исследования. Компьютерное моделирование является одним из эффективных методов изучения сложных систем.

Компьютерные модели проще и удобнее исследовать в силу их возможности проводить вычислительные эксперименты, в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемый результат.

Логичность и формализованность компьютерных моделей позволяет определить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта-оригинала (или целого класса объектов).

В частности, моделирование в электронных таблицах может быть использовано для описания ряда объектов, обладающих одинаковыми наборами свойств. С помощью электронных таблиц могут быть построены как статические, так и динамические информационные модели в различных предметных областях, а простота использования программ создания таблиц помогает составлять модели людям без знания языков программирования.

Цель проекта: исследовать движение тела, брошенного под углом к горизонту

Задачи проекта:

1. Используя различные источники информации, изучить законы движения тел в поле силы тяжести
2. На основе физических законов создать математическую модель движения тела, брошенного под углом к горизонту
3. Овладеть навыками работы в среде электронных таблиц Excel
4. Создать компьютерную модель движения тела, брошенного под углом к горизонту
5. Провести эксперименты с компьютерной моделью
6. На основе компьютерного эксперимента сделать выводы об особенностях движения тела в поле силы тяжести

Метод исследования: эксперимент на компьютерной модели

Создание компьютерных моделей в среде электронных таблиц Excel

Многие объекты и процессы можно описать математическими формулами, связывающими их параметры. Эти формулы составляют математическую модель оригинала. По формулам можно сделать расчеты с различными значениями параметров и получить количественные характеристики модели. Расчеты, в свою очередь, позволяют сделать выводы и обобщить их. Среда электронных таблиц — это удобный инструмент для исследования математических моделей явлений и процессов.

Моделирование в электронных таблицах состоит из следующих этапов:

- постановка задачи
- разработка математической модели
- создание компьютерной модели (описание математической модели средствами электронной таблицы)
- тестирование модели на отсутствие ошибок
- компьютерный эксперимент, визуализация результатов эксперимента
- анализ результатов

Начальным этапом моделирования является постановка задачи. По характеру постановки задачи все многообразие математических моделей можно разделить на две основные группы:

«что будет, если...». Например, как изменится рентабельность производства при увеличении зарплаты сотрудников.

и «как сделать, чтобы...». Например, какой высоты необходимо сделать коробку в виде параллелепипеда из листа картона, с заданными длиной и шириной, чтобы она получилась наибольшего возможного объёма.

Первую группу задач составляют такие задачи, в которых требуется исследовать, как изменятся характеристики объекта при некотором воздействии на него. Такую постановку задачи принято называть «что будет, если...». Например, как изменится скорость автомобиля через 6 сек, если он движется прямолинейно и равноускорено с начальной скоростью 3 м/с и ускорением 0,5 м/с²?

Ответ, рассчитанный по формуле $V = V_0 + at$ после подстановки исходных значений, и есть результат расчета модели.

Некоторые задачи имеют формулировку несколько шире. Что будет, если изменять исходные данные в заданном диапазоне с некоторым шагом? Такое исследование помогает проследить зависимость параметров объекта от исходных данных. Более широкая постановка задач этой группы называется «анализ чувствительности». На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится описательная информационная модель. Такая модель выделяет существенные с точки зрения целей проводимого исследования параметры объекта, а несущественными параметрами пренебрегает. Для приведенного выше примера задание звучало бы шире: как изменится скорость автомобиля через 3, 6, 9, 12, 15 и 18 с.

Для более наглядного отображения зависимости расчетных параметров модели от исходных данных используют средства визуализации графиками и диаграммами.

На втором этапе строится математическая модель явления или процесса. Модель представляет собой математические формулы и уравнения, описывающие изучаемый процесс на основе известных науке законов.

На основе математической модели составляется компьютерная модель. Компьютерная модель непосредственно связана с прикладной программой, с помощью которой будет производиться моделирование. В нашем случае это табличный процессор. При составлении расчетных таблиц надо четко выделить три основные области данных: исходные данные, промежуточные расчеты, результаты. Исходные данные вводятся «вручную». Промежуточные расчеты и результаты проводятся по формулам, составленным на основе математической модели и записанным по правилам электронных таблиц. В формулах, как правило, используются абсолютные ссылки на исходные данные и относительные ссылки на промежуточные расчетные данные.

После составления компьютерной модели проводятся тестирование модели на отсутствие ошибок. Например, если вы используете при моделировании расчетные формулы, то надо подобрать несколько вариантов исходных данных и просчитать их «вручную». Это будет результат, полученный другим способом.

Следующий этап - компьютерный эксперимент, визуализация результатов эксперимента

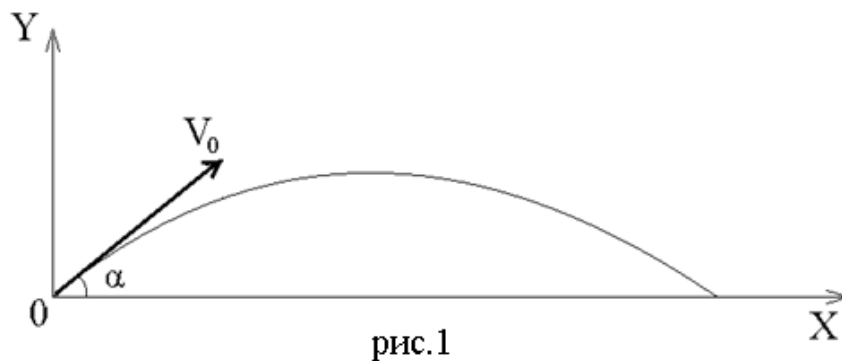
Далее проводится анализ результатов, полученных в эксперименте, делаются выводы

Постановка задачи

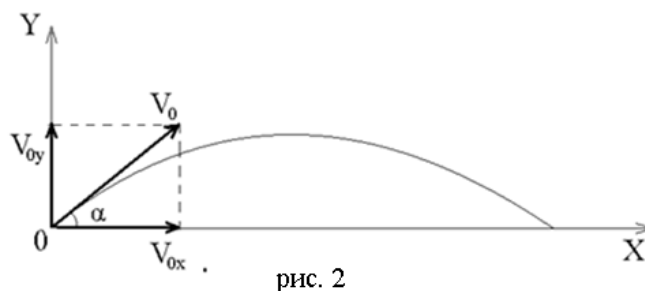
Тело брошено под углом α к горизонту с начальной скоростью V_0 . Необходимо в эксперименте на компьютерной модели определить все параметры траектории движения тела.

Создание математической модели движения тела, брошенного под углом к горизонту

Выберем начало координат в точке бросания (рис. 1):



В соответствии с принципом независимости движений, не учитывая сопротивление воздуха, тело движется горизонтально и равномерно со скоростью $V_{0x} = V_0 \cos \alpha$ и одновременно вертикально равноускорено с ускорением $g = 9,81 \frac{м}{с^2}$ и начальной скоростью $V_{0y} = V_0 \sin \alpha$



Координата x изменяется с течением времени по закону:

$$x = V_{0x}t = V_0 t \cos \alpha \quad (1)$$

Координата y изменяется с течением времени по закону:

$$y = V_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Исключим из системы уравнений переменную t .

Выразим t из уравнения (1): $t = \frac{x}{V_0 \cos \alpha}$ (3) и подставим в уравнение (2):

$$y = \frac{V_0 x \sin \alpha}{V_0 \cos \alpha} - \frac{gx^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \Longrightarrow \quad y = \frac{x \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{gx^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (3)$$

Полученное квадратное уравнение является уравнением параболы, парабола пересекает ось абсцисс в точках, где тело находится на уровне поверхности земли. В этих точках координата y равна нулю. Первая точка - координаты точки бросания: $(x = 0, y = 0)$, вторая точка с координатами $(x, y = 0)$ - в момент падения. Из уравнения (3) найдём зависимость координаты x в момент падения тела на землю (наибольшая дальность полёта) от угла α , под которым тело брошено. Для этого левую часть уравнения примем равной нулю.

$$0 = \frac{x \sin \alpha}{\cos \alpha} - \frac{gx^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \Longrightarrow \quad \frac{x \sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{gx^2}{2 V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \Longrightarrow \quad \sin \alpha = \frac{gx}{2 V_0^2 \cos \alpha}$$

$$\Longrightarrow \quad x = \frac{2 V_0 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = \frac{V_0 \sin 2\alpha}{g} \quad (4)$$

Уравнение $x = L = \frac{V_0 \sin 2\alpha}{g}$ - это зависимость максимальной дальности полёта от угла бросания. Анализ уравнения показывает, что максимальное значение функции достигается при угле бросания $\alpha = 45^\circ$.

Вертикальная составляющая скорости описывается уравнением скорости для равноускоренного движения: $V_y = V_{0y} - gt = V_0 \sin \alpha - gt$ (5)

В верхней точке траектории вертикальная составляющая скорости равна 0: $V_y = 0$.

Из уравнения (5): $0 = V_0 \sin \alpha - gt \quad \Longrightarrow \quad V_0 \sin \alpha = gt$

Время подъёма тела до высшей точки: $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$ (6)

В силу симметричности траектории движения время падения равно времени подъёма, следовательно, общее время нахождения тела в воздухе равно

$$t_0 = 2t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g} \quad (7)$$

Максимальную высоту траектории найдём из уравнения равноускоренного движения в поле силы тяжести (2): $y = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$, подставив в неё время подъёма до высшей точки из уравнения (6): $t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g} \quad \Longrightarrow \quad y = H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ (8)

Таким образом, основные характеристики траектории тела, брошенного под углом к горизонту, описываются следующими уравнениями:

Максимальная дальность полёта	$x = L = \frac{V_0 \sin 2\alpha}{g}$
Время подъёма до высшей точки траектории	$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$
Общее время нахождения тела в полёте	$t_0 = 2t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$
Максимальная высота траектории	$y = H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

Эти уравнения являются математической моделью движения тела, брошенного под углом к горизонту без учёта сопротивления воздуха.

Компьютерная модель движения тела, брошенного под углом к горизонту в среде Excel

	A	B	C	D	E
1	Начальная скорость (м/с) = 20			Время в полёте (с)	Макс. высота (м)
2	Угол бросания (град)	Макс. дальность полёта (м)	Время подъёма (с)		
3	0	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A3*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A3*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C3*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A3*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A3*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
4	=A3+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A4*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A4*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C4*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A4*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A4*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
5	=A4+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A5*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A5*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C5*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A5*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A5*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
6	=A5+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A6*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A6*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C6*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A6*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A6*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
7	=A6+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A7*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A7*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C7*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A7*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A7*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
8	=A7+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A8*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A8*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C8*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A8*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A8*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
9	=A8+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A9*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A9*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C9*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A9*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A9*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
10	=A9+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A10*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A10*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C10*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A10*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A10*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
11	=A10+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A11*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A11*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C11*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A11*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A11*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
12	=A11+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A12*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A12*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C12*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A12*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A12*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
13	=A12+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A13*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A13*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C13*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A13*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A13*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
14	=A13+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A14*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A14*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C14*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A14*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A14*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
15	=A14+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A15*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A15*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C15*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A15*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A15*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
16	=A15+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A16*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A16*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C16*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A16*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A16*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
17	=A16+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A17*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A17*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C17*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A17*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A17*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
18	=A17+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A18*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A18*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C18*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A18*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A18*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
19	=A18+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A19*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A19*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C19*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A19*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A19*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
20	=A19+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A20*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A20*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C20*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A20*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A20*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$
21	=A20+5	$=\$C\$1*\text{SIN}(2*A21*\text{ПИ}()/180)/2$	$=\$C\$1*\text{SIN}(A21*\text{ПИ}()/180)/9,81$	$=C21*2$	$=\$C\$1*\$C\$1*\text{SIN}(A21*\text{ПИ}()/180)*\text{SIN}(A21*\text{ПИ}()/180)/2/9,81$

В ячейке C1 – значение начальной скорости тела. Это значение можно изменять в процессе компьютерного эксперимента

В столбце A – значения углов бросания от 0° до 90° с интервалом в 5° . В ячейке A3 задано начальное значение угла равное 0° , в ячейке A4 формула с относительной адресацией $=A3+5$, которая скопирована до ячейки A21, соответствующей броску вертикально вверх (угол 90°)

В столбце B – значения максимальной дальности полёта, рассчитанной в соответствии с математической моделью $x = \frac{V_0 \sin 2\alpha}{g}$, где $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ – ускорение свободного падения. В ячейку B3 записано данное уравнение в Excel:

$$= \$C\$1 * \text{SIN}(2 * A3 * \text{ПИ}() / 180) / 2$$

Угол в градусах из столбца A, преобразуется в радианы по формуле

$$\alpha^\circ = \frac{\alpha \cdot \pi}{180^\circ} \text{ рад}$$

Для ячейки C1 установлена абсолютная адресация, для того, чтобы при копировании адрес ячейки не изменялся. Формула скопирована до ячейки B23, соответствующей углу бросания 90°

В столбце C – рассчитывается время подъёма до высшей точки траектории в секундах для углов бросания от 0° до 90° с шагом 5° в соответствии с уравнением:

$$t = \frac{V_0 \sin \alpha}{g}$$

Формула в Excel в ячейке C3: $= \$C\$1 * \text{SIN}(A3 * \text{ПИ}() / 180) / 9,81$, формула скопирована до ячейки C23

В столбце D – общее время полёта в секундах, в соответствии с уравнением:

$$t_0 = 2t = \frac{2V_0 \sin \alpha}{g}$$

Формула в Excel в ячейке D3: $= C3 * 2$, формула скопирована до ячейки D23

В столбце E – максимальная высота подъёма в метрах, рассчитанное в соответствии с уравнением: $y = H = \frac{V_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$

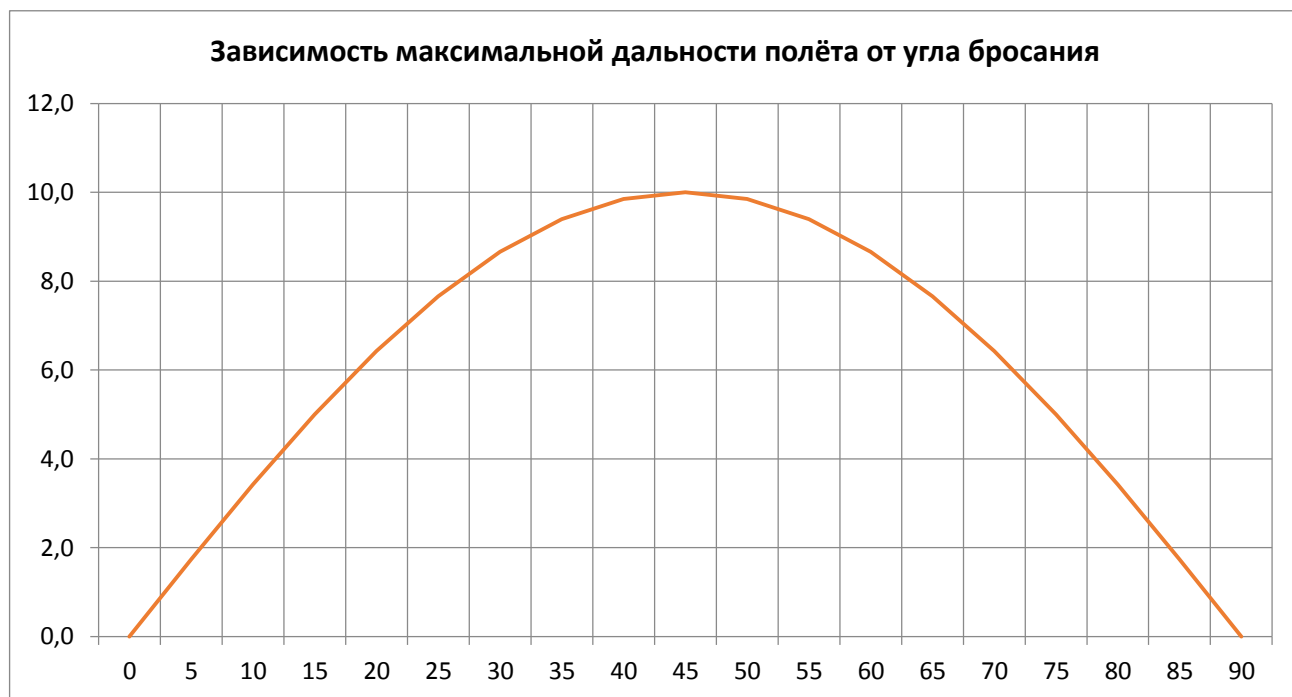
Формула в Excel в ячейке E3:

$$= \$C\$1 * \$C\$1 * \text{SIN}(A3 * \text{ПИ}() / 180) * \text{SIN}(A3 * \text{ПИ}() / 180) / 2 / 9,81$$

формула скопирована до ячейки E23

**Результаты эксперимента на основе компьютерной модели движения тела,
брошенного под углом к горизонту**

Начальная скорость (м/с) =		20	Время в полёте (с)	Макс. высота (м)
Угол бросания (град)	Макс. дальность полёта (м)	Время подъёма (с)		
0	0	0,00	0,00	0,00
5	1,7	0,18	0,36	0,15
10	3,4	0,35	0,71	0,61
15	5,0	0,53	1,06	1,37
20	6,4	0,70	1,39	2,38
25	7,7	0,86	1,72	3,64
30	8,7	1,02	2,04	5,10
35	9,4	1,17	2,34	6,71
40	9,8	1,31	2,62	8,42
45	10,0	1,44	2,88	10,19
50	9,8	1,56	3,12	11,96
55	9,4	1,67	3,34	13,68
60	8,7	1,77	3,53	15,29
65	7,7	1,85	3,70	16,75
70	6,4	1,92	3,83	18,00
75	5,0	1,97	3,94	19,02
80	3,4	2,01	4,02	19,77
85	1,7	2,03	4,06	20,23
90	0,0	2,04	4,08	20,39



Построение траектории движения тела, брошенного под углом к горизонту

Для моделирования траектории движения тела, воспользуемся уравнениями движения тела по оси X и по оси Y:

$$x = V_{0x}t = V_0 t \cos \alpha$$

$$y = V_{0y}t - \frac{gt^2}{2} = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

Начальная скорость (м/с) =		20
Угол бросания (град)=		45
t (с)	x(м)	y(м)
0	=С\$1*А4*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А4*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А4*А4/2
=А4+0,1	=С\$1*А5*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А5*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А5*А5/2
=А5+0,1	=С\$1*А6*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А6*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А6*А6/2
=А6+0,1	=С\$1*А7*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А7*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А7*А7/2
=А7+0,1	=С\$1*А8*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А8*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А8*А8/2
=А8+0,1	=С\$1*А9*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А9*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А9*А9/2
=А9+0,1	=С\$1*А10*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А10*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А10*А10/2
=А10+0,1	=С\$1*А11*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А11*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А11*А11/2
=А11+0,1	=С\$1*А12*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А12*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А12*А12/2
=А12+0,1	=С\$1*А13*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А13*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А13*А13/2
=А13+0,1	=С\$1*А14*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А14*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А14*А14/2
=А14+0,1	=С\$1*А15*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А15*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А15*А15/2
=А15+0,1	=С\$1*А16*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А16*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А16*А16/2
=А16+0,1	=С\$1*А17*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А17*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А17*А17/2
=А17+0,1	=С\$1*А18*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А18*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А18*А18/2
=А18+0,1	=С\$1*А19*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А19*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А19*А19/2
=А19+0,1	=С\$1*А20*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А20*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А20*А20/2
=А20+0,1	=С\$1*А21*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А21*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А21*А21/2
=А21+0,1	=С\$1*А22*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А22*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А22*А22/2
=А22+0,1	=С\$1*А23*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А23*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А23*А23/2
=А23+0,1	=С\$1*А24*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А24*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А24*А24/2
=А24+0,1	=С\$1*А25*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А25*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А25*А25/2
=А25+0,1	=С\$1*А26*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А26*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А26*А26/2
=А26+0,1	=С\$1*А27*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А27*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А27*А27/2
=А27+0,1	=С\$1*А28*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А28*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А28*А28/2
=А28+0,1	=С\$1*А29*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А29*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А29*А29/2
=А29+0,1	=С\$1*А30*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А30*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А30*А30/2
=А30+0,1	=С\$1*А31*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А31*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А31*А31/2
=А31+0,1	=С\$1*А32*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А32*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А32*А32/2
=А32+0,1	=С\$1*А33*СОS(С\$2*ПИ()/180)	=С\$1*А33*СIN(С\$2*ПИ()/180)-9,81*А33*А33/2

Исходные данные, которые можно изменять в процессе эксперимента:

в ячейке С1 – значение начальной скорости в м/с, в ячейке С2 – значение угла бросания в градусах.

В столбце А – значения времени с интервалом 0,1 секунды.

В столбце В – значения координаты x, рассчитанные по формуле:

$$x = V_0 t \cos \alpha$$

В Excel:

$$= \$C\$1 * A4 * \cos (\$C\$2 * \pi () / 180)$$

В столбце С – значения координаты y, рассчитанные по формуле:

$$y = V_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}$$

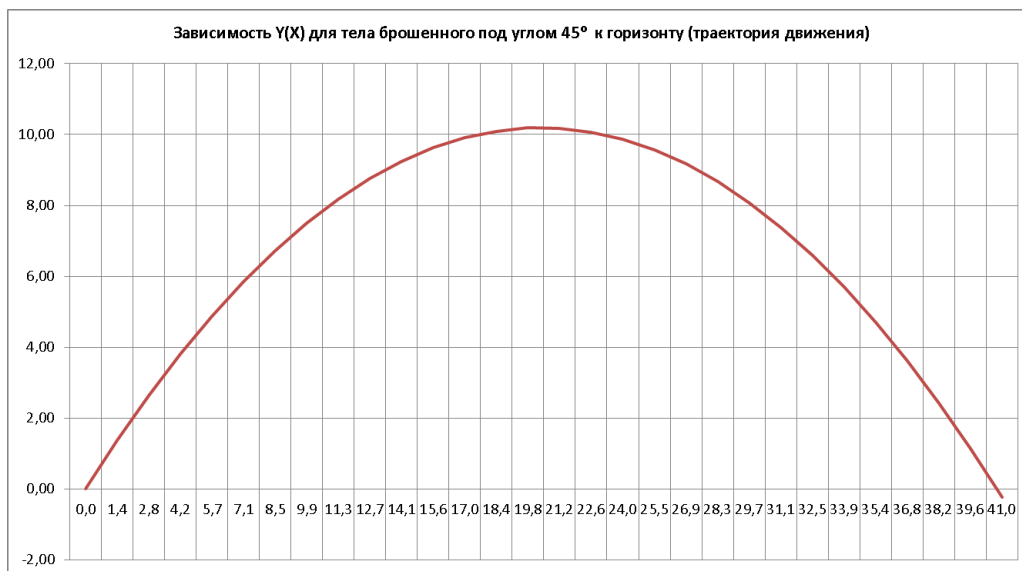
В Excel:

$$= \$C\$1 * A4 * \sin (\$C\$2 * \pi () / 180) - 9,81 * A4 * A4 / 2$$

Формулы скопированы до строки, пока $y \geq 0$, при $y < 0$ тело находится ниже уровня поверхности земли.

Результат компьютерного эксперимента для угла бросания в 45°

Начальная скорость (м/с) =		20
Угол бросания (град)=		45
t (с)	x(м)	y(м)
0	0,0	0,00
0,1	1,4	1,37
0,2	2,8	2,63
0,3	4,2	3,80
0,4	5,7	4,87
0,5	7,1	5,84
0,6	8,5	6,72
0,7	9,9	7,50
0,8	11,3	8,17
0,9	12,7	8,75
1	14,1	9,24
1,1	15,6	9,62
1,2	17,0	9,91
1,3	18,4	10,10
1,4	19,8	10,19
1,5	21,2	10,18
1,6	22,6	10,07
1,7	24,0	9,87
1,8	25,5	9,56
1,9	26,9	9,16
2	28,3	8,66
2,1	29,7	8,07
2,2	31,1	7,37
2,3	32,5	6,58
2,4	33,9	5,69
2,5	35,4	4,70
2,6	36,8	3,61
2,7	38,2	2,43
2,8	39,6	1,14
2,9	41,0	-0,24



Выводы, полученные в результате компьютерного эксперимента

1. Траектория тела, брошенного под углом к горизонту – парабола.
2. Максимальная дальность полёта при всех значениях начальной скорости достигается при угле бросания в 45°
3. Время полёта и максимальная высота подъёма зависят от угла бросания и начальной скорости тела.
4. Электронная таблица – удобный инструмент для компьютерного моделирования явлений и процессов без применения языков программирования.

В процессе работы над проектом я изучил законы движения тел в гравитационном поле, овладел основными инструментами Excel, получил навыки компьютерного моделирования.

Источники информации:

1. Методические рекомендации по оформлению и защите индивидуального итогового проекта <http://xn--n1affw.xn--p1ai/wp-content/uploads/2019/06/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B5-%D1%80%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%BF%D0%BE-%D0%BE%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8E-%D0%B8-%D0%B7%D0%B0%D1%89%D0%B8%D1%82%D0%B5-%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%B2%D0%B8%D0%B4%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B0.pdf>
2. Н.Д. Угринович. Исследование информационных моделей. Элективный курс. М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2004.
3. Информатика. 7-9 класс. Базовый курс. Практикум-задачник по моделированию / под ред. Н.В. Макаровой. СПб.: Питер, 2003.
4. Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. Физика. 10 класс., М.: Просвещение, 2009.
5. Г.А. Бордовский, А.С. Кондратьев. Физические основы математического моделирования. М.: Академия, 2005.