

# Исследование движения тела под углом к горизонту

Киняев И.К; Магер Е.В; Сурков А.А.

Настоящее исследование посвящено расчёту и визуализации траектории движения тела под углом к горизонту с помощью вычислительного эксперимента. Расчёт траектории движения тела под углом к горизонту имеет ключевое значение в сфере баллистики и астрофизики. В ходе выполнения работы были выведены формулы, необходимые для расчёта траектории. На основе полученных формул в программе Excel было проведено два вычислительных эксперимента, результаты которых были визуализированы. Задачи исследования и результаты работы представлены ниже.

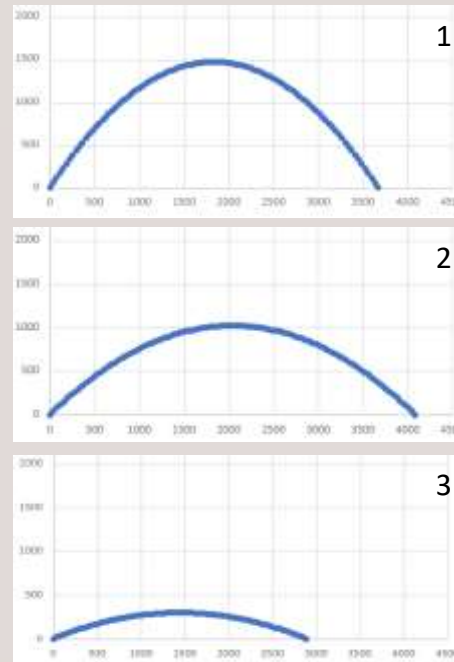
## Задача 1

Пушка стреляет под углом  $\alpha$  к горизонту. Снаряд вылетает из ствола со скоростью 200 м/с. Пренебрегая сопротивлением воздуха, рассчитайте траекторию полёта снаряда. Ускорение свободного падения принять за  $9,8 \text{ м/с}^2$

Необходимо визуализировать траекторию полёта снаряда при альфа равном 58 градусам, и исследовать, как зависит дальность полета  $S$  от угла наклона ствола пушки к горизонту  $\alpha$  и сделать вывод, при каком значении  $\alpha$  дальность максимальная.

На рисунках 1-3 изображены траектории полёта снаряда при альфа равном 58, 45, 22.5 градусов соответственно.

Анализируя полученные рисунки, можно сделать вывод, что наибольшая дальность полёта снаряда достигается при альфа равном 45 градусов.



## Задача 2

Определить минимальный угол возвышения оружия для попадания пули в цель, если: Оружие расположено на высоте 10м относительно цели. Цель расположена на расстоянии 5000 метров от оружия. Начальная скорость пули при вылете из ружья равняется 230 м/с.

Ускорение свободного падения равняется  $9,8 \text{ м/с}^2$ . Визуализировать траекторию движения пули при этом угле возвышения. Для нахождения необходимого угла рекомендуется использовать алгоритм бинарного поиска.

Из результатов выполнения задачи 1 мы знаем, что наибольшая дальность полёта снаряда достигается при альфа равном 45 градусов. Проведём вычислительный эксперимент при  $\alpha = 45^\circ$  что бы понять, достигает ли пуля цели (рис.1).

Мы знаем, что искомый угол находится между углами  $0^\circ$  и  $45^\circ$ . Проведём вычислительный эксперимент от полсуммы этих градусов, т.е от  $(45^\circ + 0^\circ)/2 = 22.5^\circ$  (рис.2).

Проанализировав рисунок 2 мы понимаем, что искомый угол находится между углами  $22.5^\circ$  и  $45^\circ$ . Проводим вычислительный эксперимент от  $(22.5^\circ + 45^\circ)/2 = 33.75^\circ$  (рис.3). Пуля попадает точно в цель, искомый угол найден.

Для решения поставленных задач и выполнения работы были проанализированы следующие источники информации:

[Мякишев Г.Я. Учебник физики. 10 класс.](#)

Белага В.В., Ломаченков И.А., Панебратцев Ю.А. Физика 9 кл. АО «Издательство «Просвещение».

Перышкин А.В. Физика 9 класс ООО «ДРОФА».