

# Окружная НПК «Дети-творцы XXI века»

**Физика**

**«Исследование баллистического движения»**

**Авторы:**

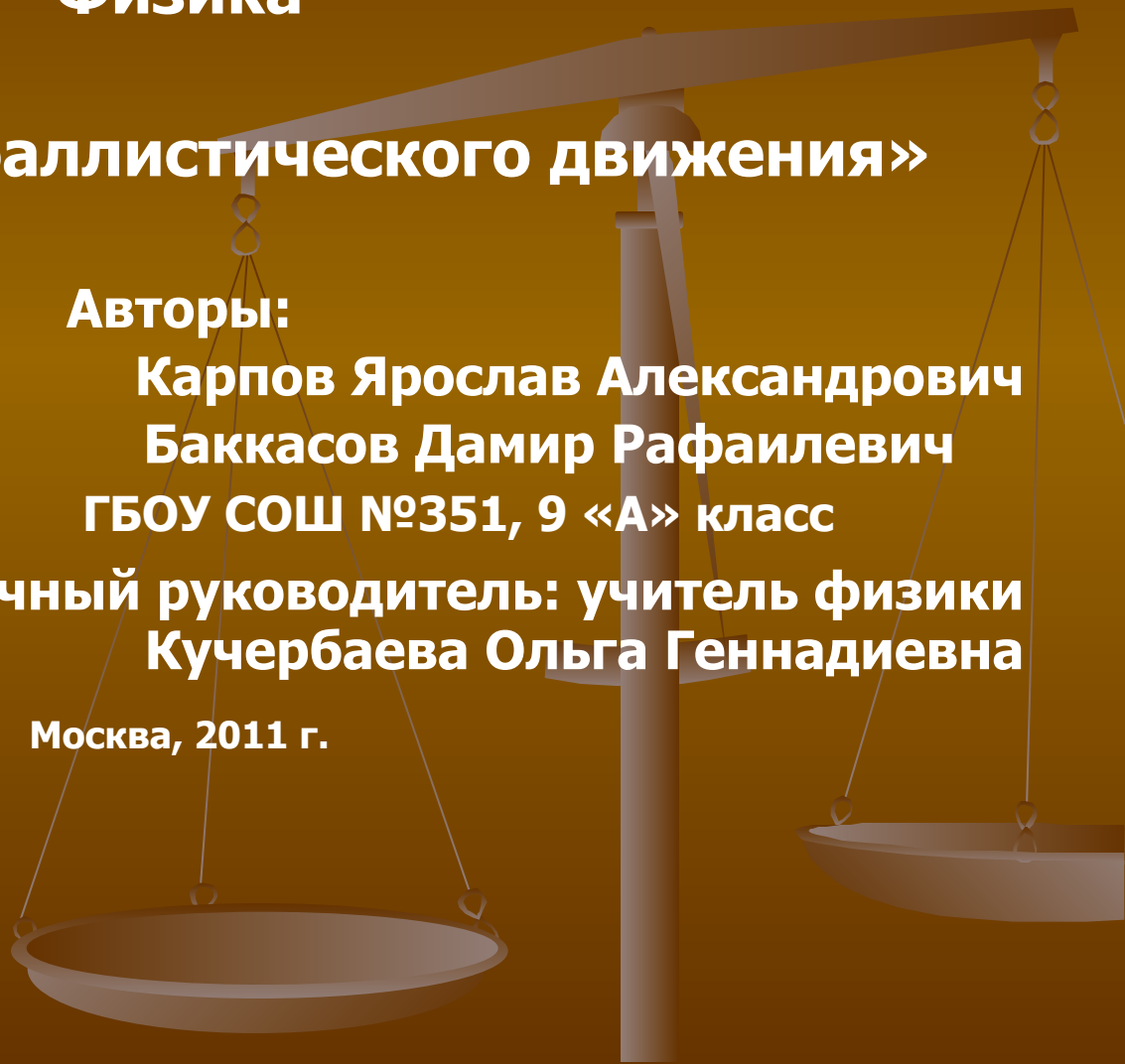
**Карпов Ярослав Александрович**

**Баккасов Дамир Рафаилович**

**ГБОУ СОШ №351, 9 «А» класс**

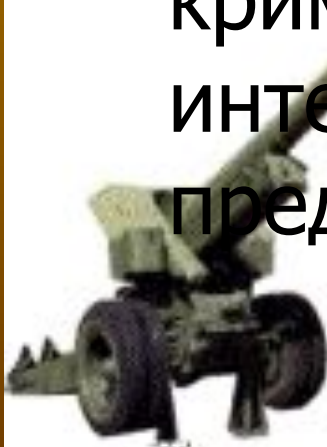
**Научный руководитель: учитель физики  
Кучербаева Ольга Геннадиевна**

**Москва, 2011 г.**



# Введение

- Баллистика - важная и древняя наука, она применяется в военном деле и в криминалистике. Вместе с этим, она интересна с точки зрения связи предметов: математики и физики.

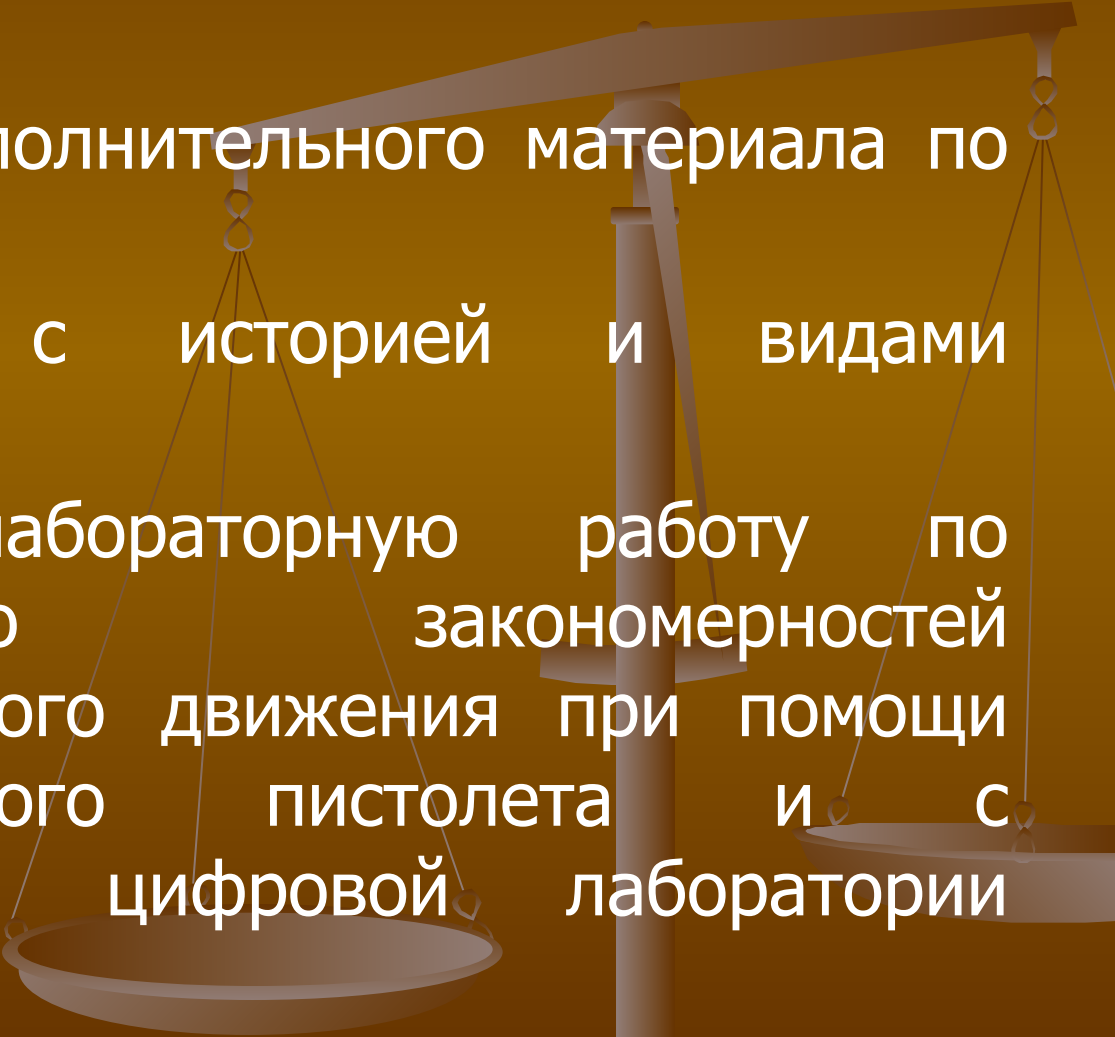


# Цели

- изучить закономерности, характерные для баллистического движения
- проверить их выполнение с помощью лабораторной работы.



# Задачи данной работы

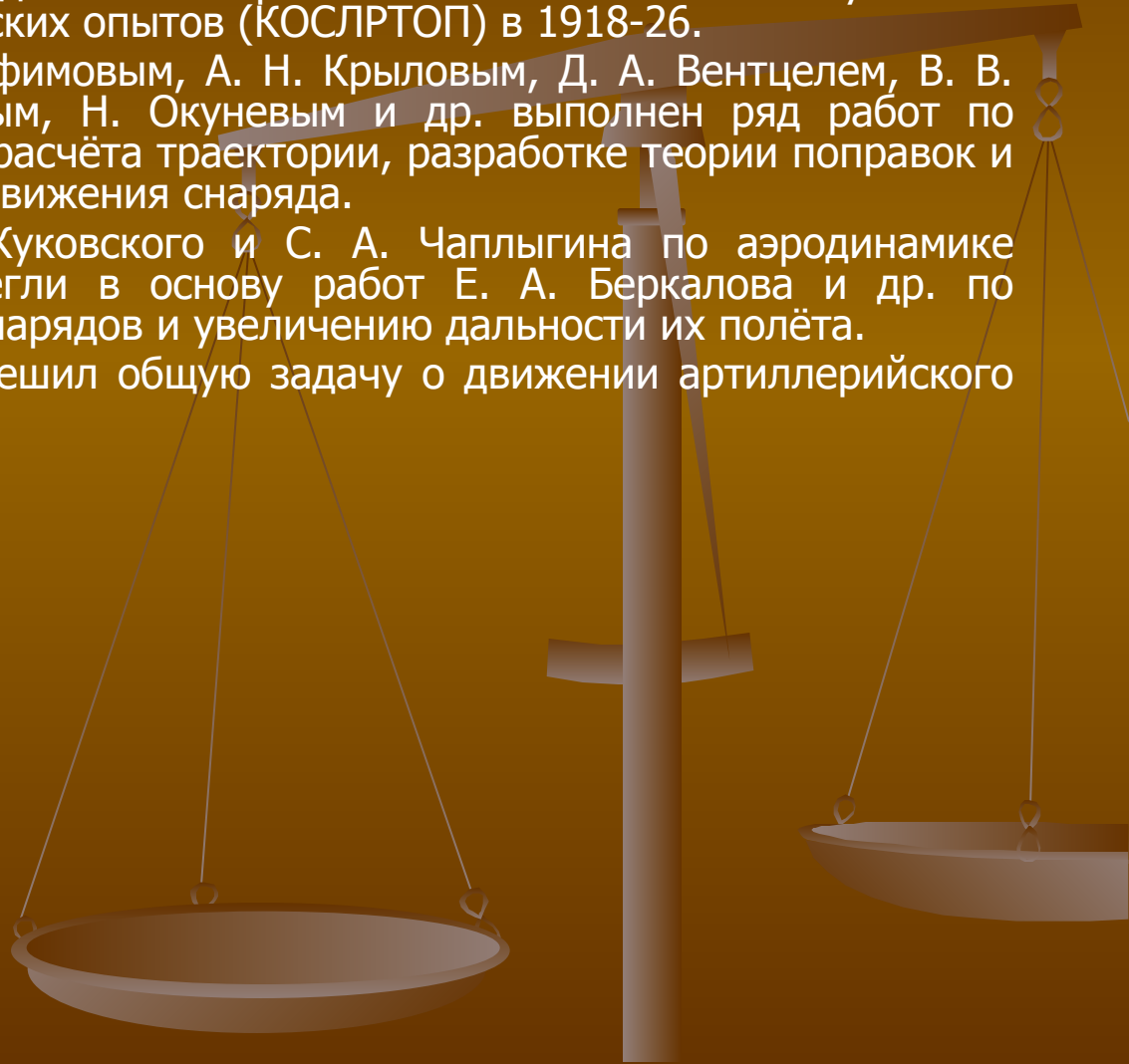
- Изучение дополнительного материала по механике.
  - Знакомство с историей и видами баллистики.
  - Провести лабораторную работу по исследованию закономерностей баллистического движения при помощи баллистического пистолета и с применением цифровой лаборатории «Архимед»
- 

# История возникновения баллистики

- Возникновение баллистики как науки относится к 16 в. Первыми трудами по баллистике являются книги итальянца Н. Тартальи «Новая наука» (1537) и «Вопросы и открытия, относящиеся к артиллерийской стрельбе» (1546).
- В 17 в. фундаментальные принципы внешней баллистики были установлены Г. Галилеем, разработавшим параболическую теорию движения снарядов, итальянцем Э. Торричелли и французом М. Мерсенном, который предложил назвать науку о движении снарядов баллистикой (1644). И. Ньютон провёл первые исследования о движении снаряда с учётом сопротивления воздуха - «Математические начала натуральной философии» (1687).
- В 17-18 вв. исследованием движения снарядов занимались: голландец Х. Гюйгенс, француз П. Вариньон, швейцарец Д. Бернулли, англичанин Робинс, русский учёный Л. Эйлер и др. Экспериментальные и теоретические основы внутренней баллистики заложены в 18 в. в трудах Робинса, Ч. Хеттона, Бернулли и др.
- В 19 в. были установлены законы сопротивления воздуха (законы Н. В. Маиевского, Н. А. Забудского, Гаврский закон, закон А. Ф. Сиаччи).
- В начале 20 в. дано точное решение основной задачи внутренней баллистики - работы Н. Ф. Дроздова (1903, 1910), исследовались вопросы горения пороха в неизменном объёме - работы И. П. Граве (1904) и давления пороховых газов в канале ствола - работы Н. А. Забудского (1904, 1914), а также француза П. Шарбонье и итальянца Д. Бианки.. Как самостоятельная, определённая область науки, баллистика получила широкое развитие с середины XIX века.

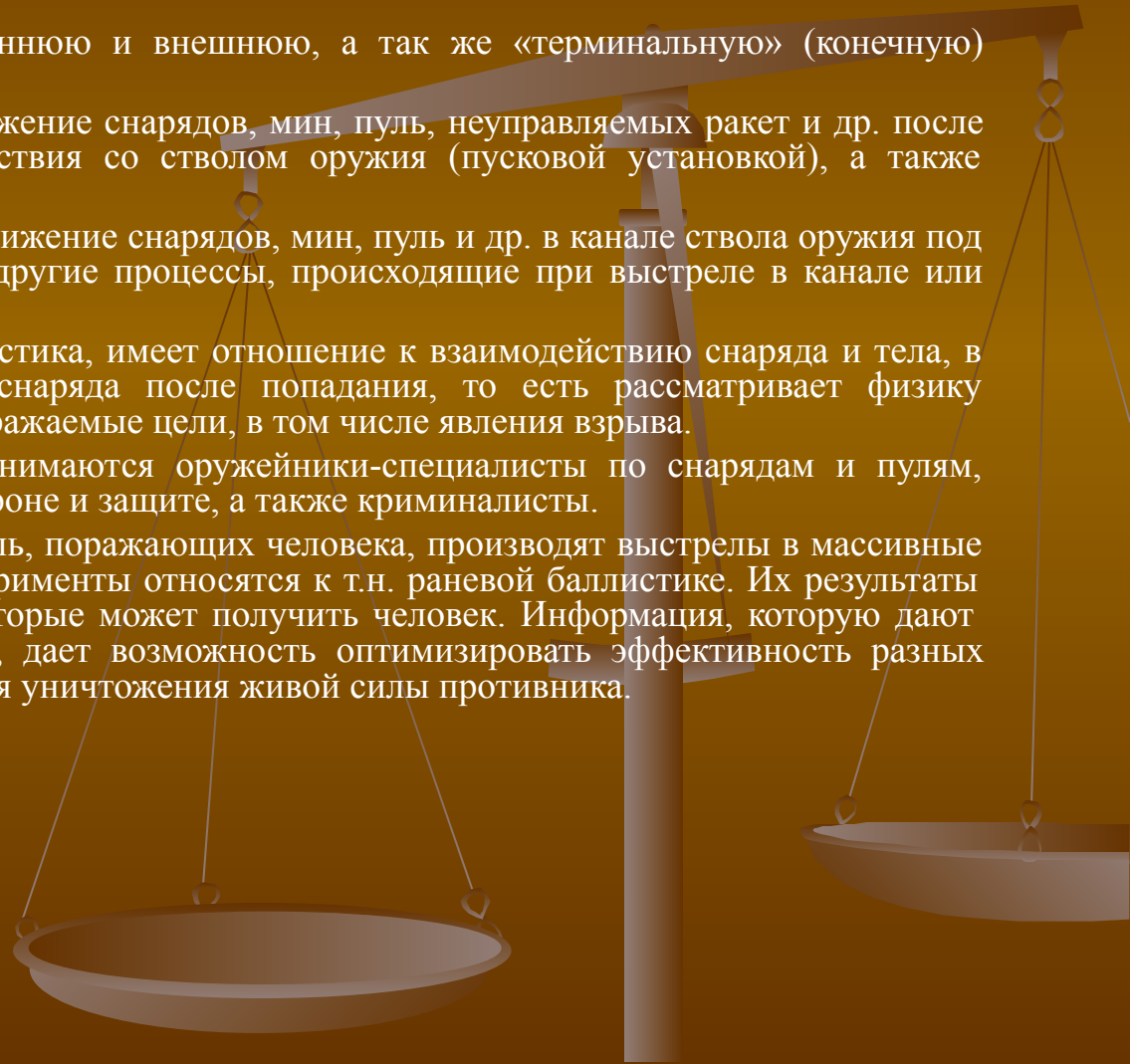
# Баллистика в СССР

- В СССР большой вклад в дальнейшее развитие баллистики внесён учёными Комиссии особых артиллерийских опытов (КОСЛРТОП) в 1918-26.
- В этот период В. М. Трофимовым, А. Н. Крыловым, Д. А. Вентцелем, В. В. Мечниковым, Г. В. Оппоковым, Н. Окуневым и др. выполнен ряд работ по совершенствованию методов расчёта траектории, разработке теории поправок и по изучению вращательного движения снаряда.
- Исследования Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина по аэродинамике артиллерийских снарядов легли в основу работ Е. А. Беркалова и др. по совершенствованию формы снарядов и увеличению дальности их полёта.
- В. С. Пугачев впервые решил общую задачу о движении артиллерийского снаряда.



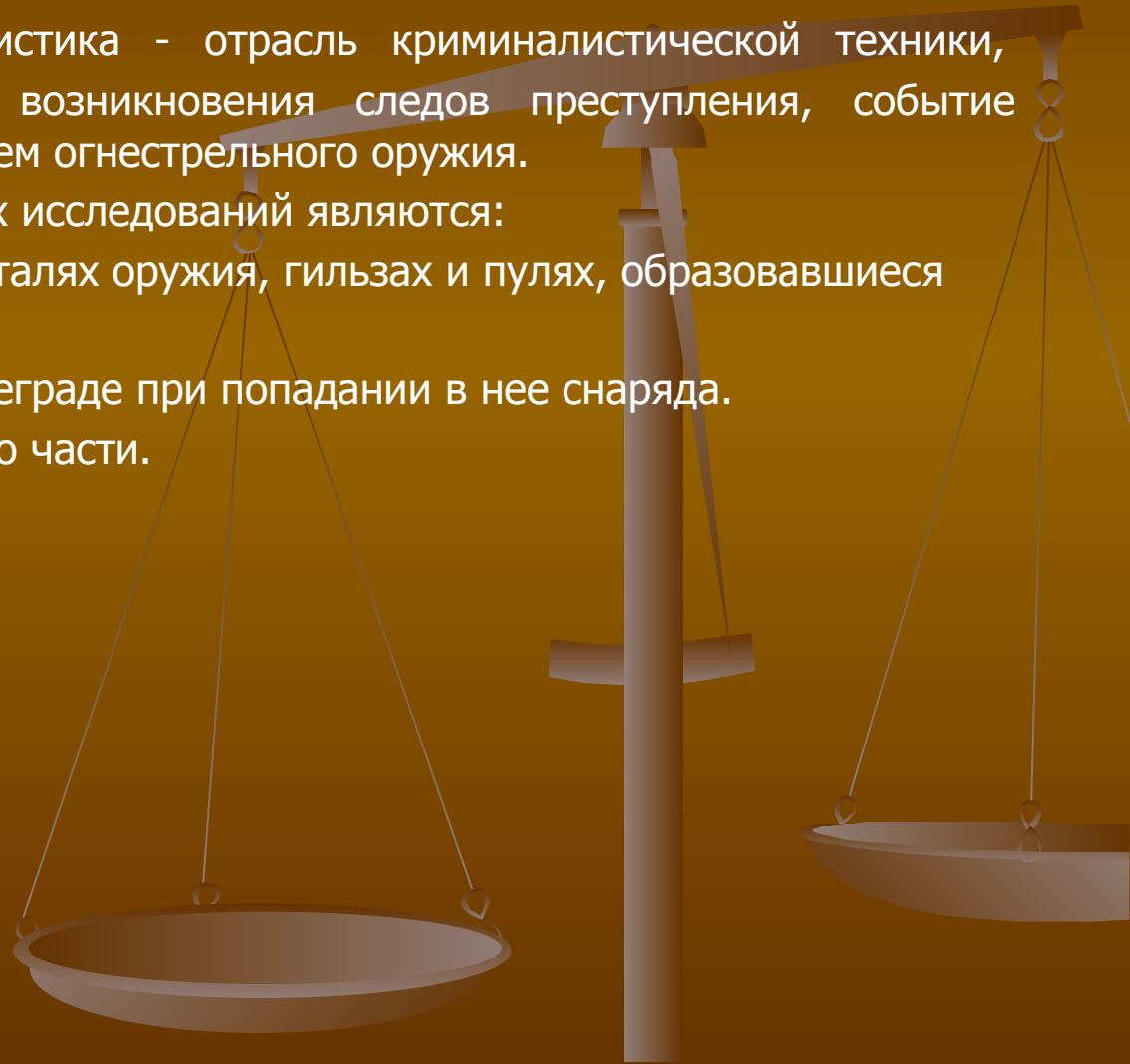
# Основные разделы баллистики

- «БАЛЛИСТИКА - наука о законах полёта тел (снарядов, мин, бомб, пуль), проходящих часть пути как свободно брошенное тело» - пишут в словаре Ожегова.
- Баллистику подразделяют на: внутреннюю и внешнюю, а так же «терминальную» (конечную) баллистики.
- Внешняя баллистика изучает движение снарядов, мин, пуль, неуправляемых ракет и др. после прекращения их силового взаимодействия со стволом оружия (пусковой установкой), а также факторы, влияющие на это движение.
- Внутренняя баллистика изучает движение снарядов, мин, пуль и др. в канале ствола оружия под действием пороховых газов, а также другие процессы, происходящие при выстреле в канале или камере пороховой ракеты.
- «Терминальная» (конечная) баллистика, имеет отношение к взаимодействию снаряда и тела, в которое он попадает, и движению снаряда после попадания, то есть рассматривает физику разрушающего действия оружия на поражаемые цели, в том числе явления взрыва.
- Терминальной баллистикой занимаются оружейники-специалисты по снарядам и пулям, прочнысты и других специалисты по броне и защите, а также криминалисты.
- Для имитации действия осколков и пуль, поражающих человека, производят выстрелы в массивные мишени из желатина. Подобные эксперименты относятся к т.н. раневой баллистике. Их результаты позволяют судить о характере ран, которые может получить человек. Информация, которую дают исследования по раневой баллистике, дает возможность оптимизировать эффективность разных видов оружия, предназначенного для уничтожения живой силы противника.



# Понятие криминалистической баллистики

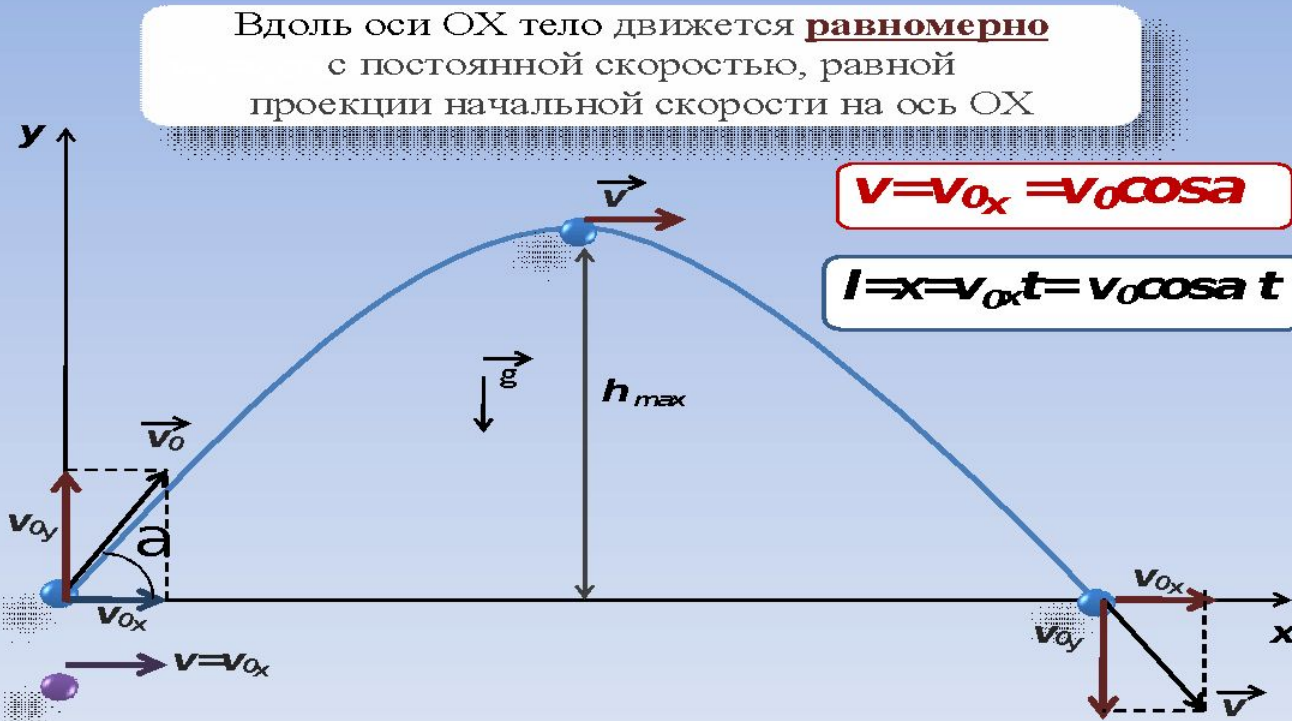
- Криминалистическая баллистика - отрасль криминалистической техники, изучающая закономерности возникновения следов преступления, событие которых связано с применением огнестрельного оружия.
- Объектами баллистических исследований являются:
  - 1. Следы, возникающие на деталях оружия, гильзах и пулях, образовавшиеся в результате выстрела.
  - 2. Следы, возникающие на преграде при попадании в нее снаряда.
  - 3. Огнестрельное оружие и его части.
  - 4. Боеприпасы и их части.
  - 5. Взрывные устройства.
  - 6. Холодное оружие.





# Скорость при баллистическом движении

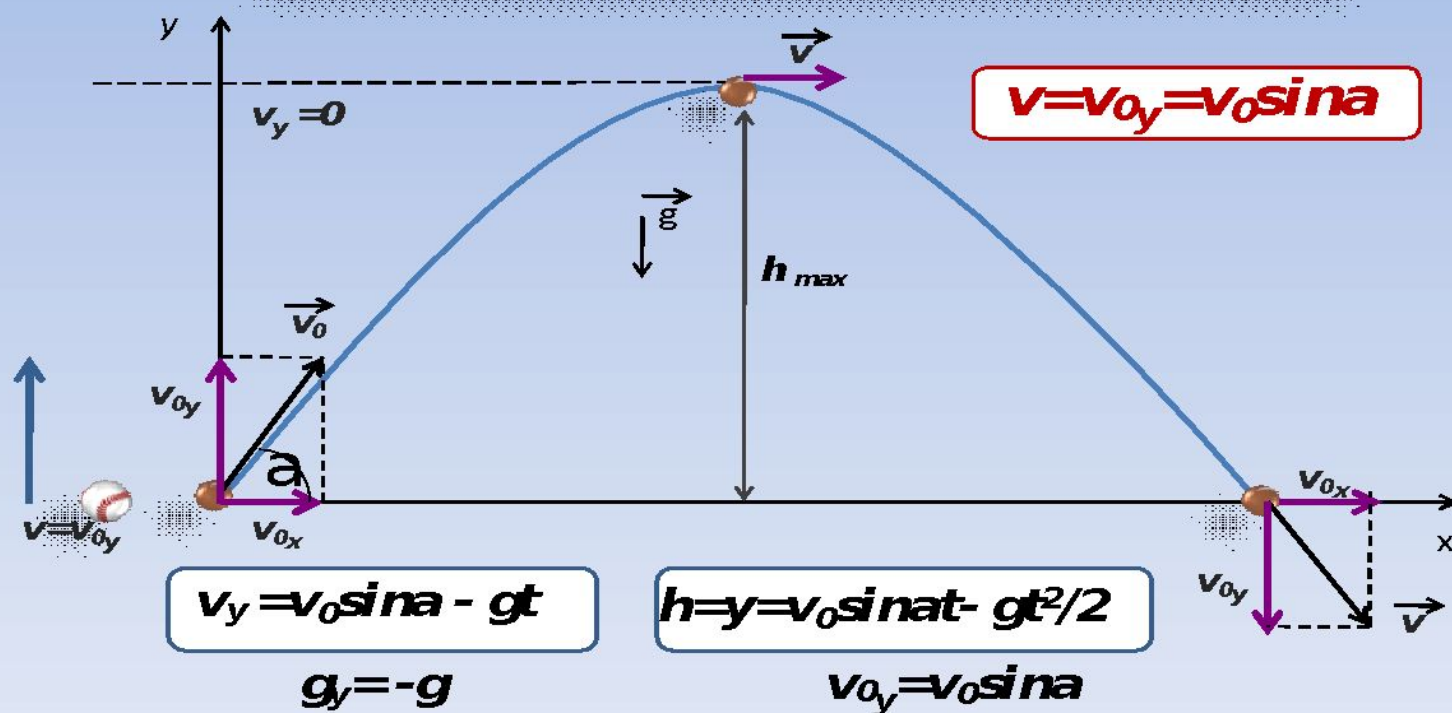
- Для расчёта скорости  $v$  снаряда произвольной точке траектории, а также для определения угла  $\alpha$ , который образует вектор скорости с горизонталью, достаточно знать проекции скорости на оси  $X$  и  $Y$ . Если  $v_x$  и  $v_y$  известны, по теореме Пифагора можно найти скорость:  $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ . При равномерном движении по оси  $X$  проекция скорости движения  $v_x$  остаётся неизменной и равной проекции начальной скорости  $v_0$ :  $v_x = v_0 \cos \alpha$ . Зависимость  $v_y(t)$  определяется формулой:  $v_y = v_{0y} + a t$ , в которую следует подставить:  $v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ ,  $a = -g$ .



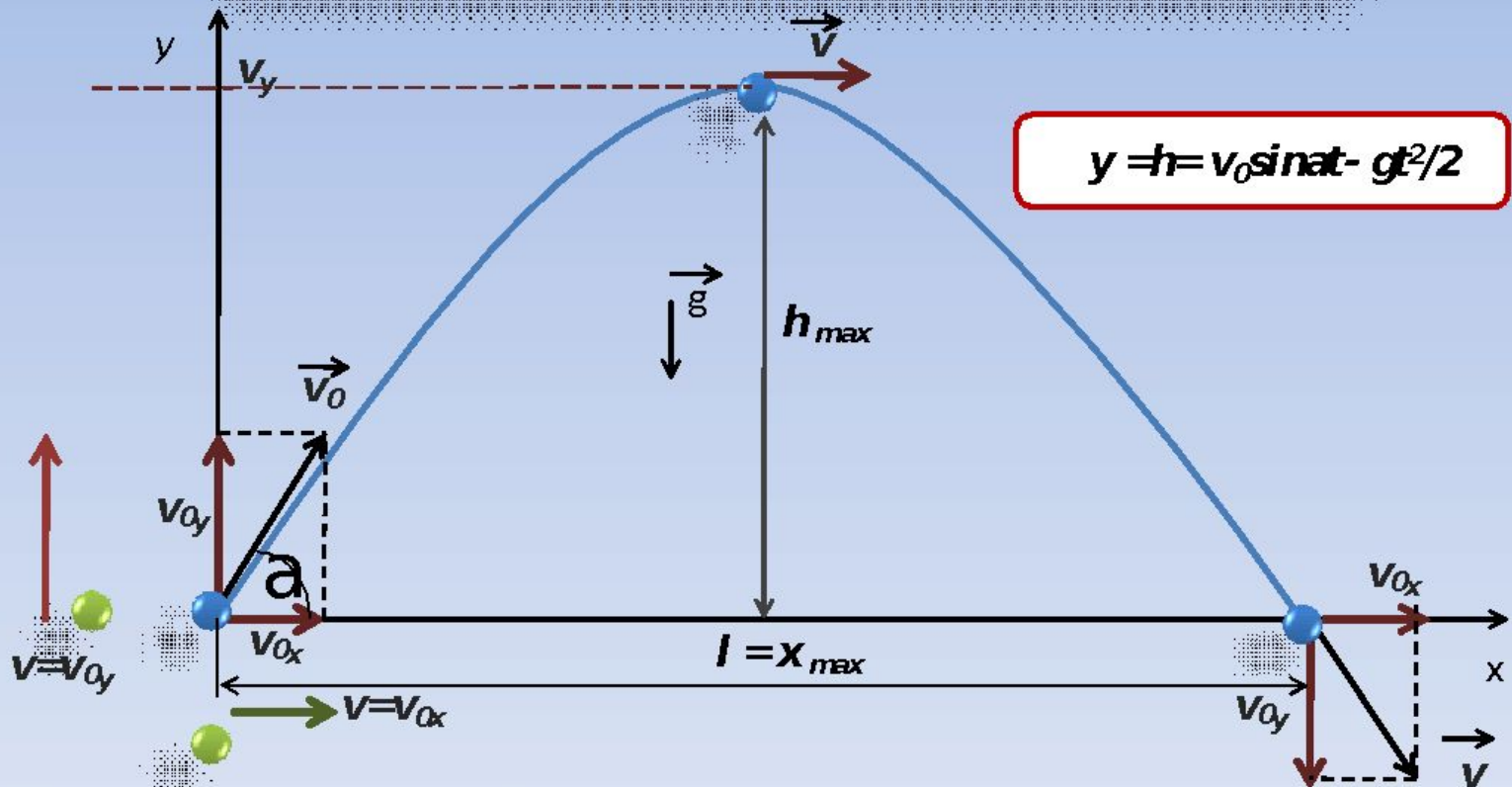
Т.о. при рассмотрении движения вдоль оси  $OX$  нужно пользоваться формулами, полученными для равномерного движения

Тогда  $v_y = v_0 \sin \alpha - gt$ . В любой точке траектории проекция скорости на ось X остается постоянной. По мере подъема снаряда проекция скорости на ось Y уменьшается по линейному закону. При  $t = 0$  она равна  $v_0 \sin \alpha$ . Найдем промежуток времени, через который проекция этой скорости станет равна нулю:  $0 = v_0 \sin \alpha - gt$ ,  $t = v_0 \sin \alpha / g$ . Полученный результат совпадает со временем подъема снаряда на максимальную высоту. В верхней точке траектории вертикальная компонента скорости равна нулю. Следовательно, тело больше не поднимается. При  $t > v_0 \sin \alpha / g$  проекция скорости  $v_y$  становится отрицательной. Значит, эта составляющая скорости направлена противоположно оси Y, т. е. тело начинает падать вниз. Так как в верхней точке траектории  $v_y = 0$ , то скорость снаряда равна:  $v = v_x = v_0 \cos \alpha$

Вдоль оси OY тело движется **равнозамедленно**, подобно телу, брошенному вертикально вверх со скоростью, равной проекции начальной скорости на ось OY



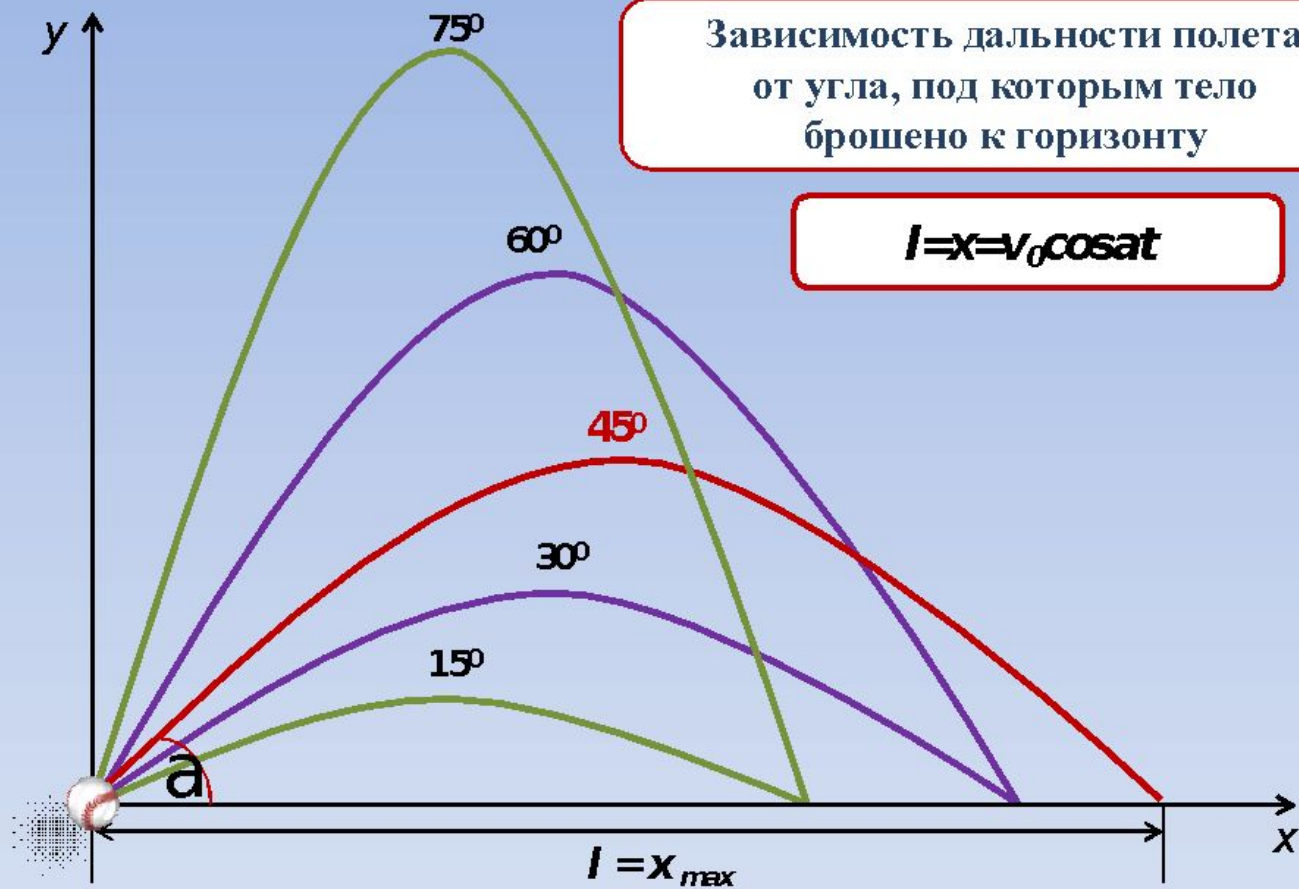
## Зависимость высоты и дальности полёта от угла $\alpha$



$$y = h = v_0 \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$$

Дальность полёта при одной и той же начальной скорости зависит от угла

$$x = l = v_0 \cos \alpha t$$

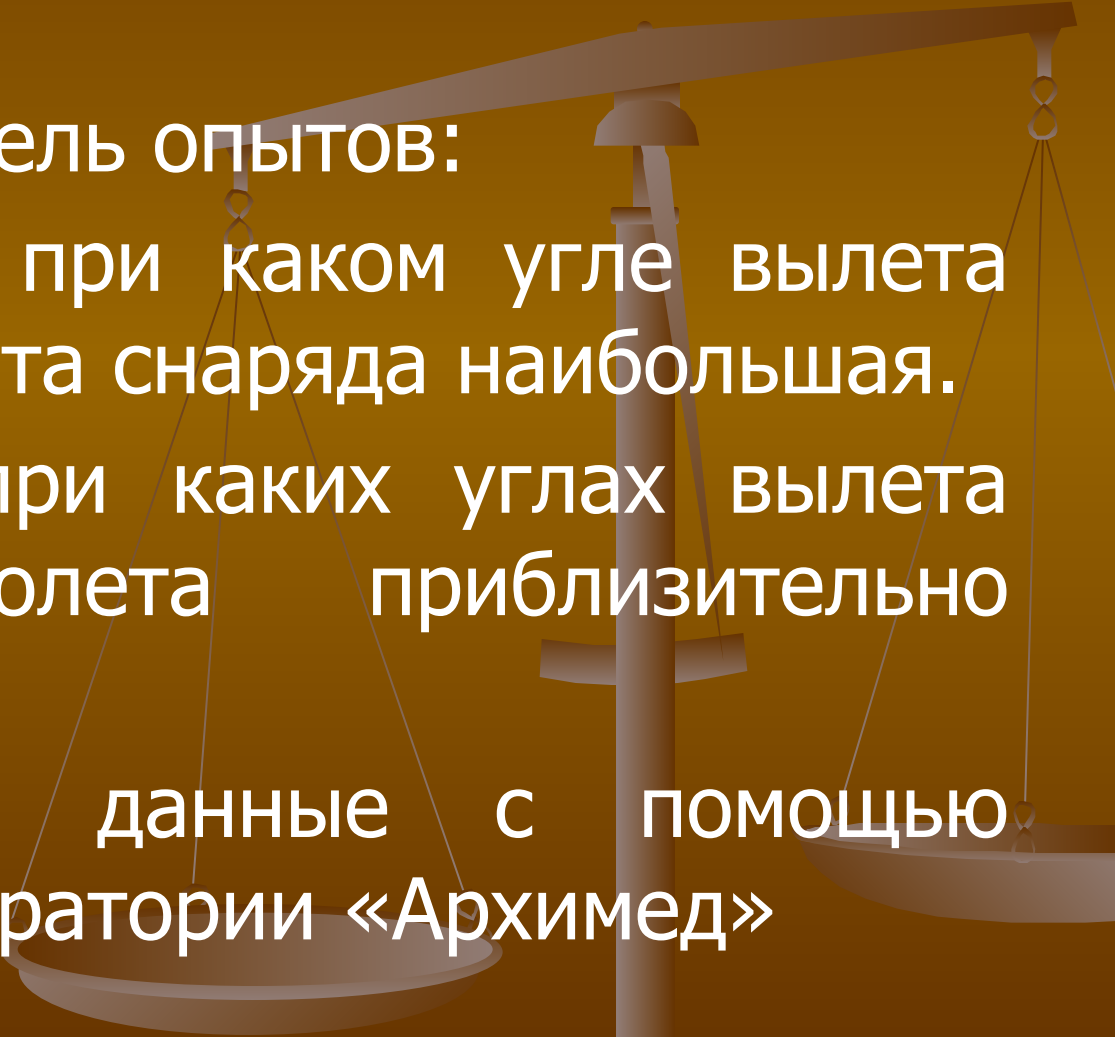



Дальность полета максимальна, когда

$$\underline{a = 45^\circ}$$

Для углов, дополняющих друг друга до  $90^\circ$  дальность полета одинакова

# Журнал исследования

- Цель опытов:
    - 1) Установить при каком угле вылета дальность полета снаряда наибольшая.
    - 2) Выяснить при каких углах вылета дальность полета приблизительно одинаковая
    - 3) Проверить данные с помощью цифровой лаборатории «Архимед»
- 



■ При стрельбе на горизонтальной поверхности под различными углами к горизонту дальность полета снаряда выражается формулой

■  $l = (2V^2 \cos\alpha \sin\alpha) / g$

■ Или

■  $l = (V^2 \sin(2\alpha)) / g$

■ Из данной формулы следует, что при изменении угла вылета снаряда от 90 до 0° дальность полет его падения сначала увеличивается от нуля до некоторого максимального значения, а затем снова уменьшается до нуля дальность падения максимальна когда произведения  $\cos\alpha$  и  $\sin\alpha$  наибольшее. Эту зависимость в данной работе мы решили проверить на опыте с помощью баллистического пистолета

Мы установили пистолет под различными углами: 20, 30, 40, 45, 60 и 70° и сделали по 3 выстрела под каждым углом.

| Угол полёта                                     | 20°  | 30°  | 40°  | 45°  | 60°  | 70°  |
|---|------|------|------|------|------|------|
| Дальность полёта «снаряда» $\ell$ , м           | 1,62 | 1,90 | 2,00 | 2,10 | 1,61 | 1,25 |
|   | 1,54 | 1,90 | 2,00 | 2,05 | 1,55 | 1,20 |
|   | 1,54 | 1,86 | 1,95 | 2,12 | 1,55 | 1,30 |
| Средняя дальность полёта $\ell_{\text{ср}}$ , м | 1,55 | 1,88 | 1,98 | 2,08 | 1,56 | 1,25 |

Из таблицы мы видим, что дальность полета снаряда при угле вылета 45° максимальна. Это подтверждается формулой. Когда произведения косинуса угла и синуса угла наибольшее. Так же из таблице видно, что дальность полета при углах 20° и 70°, а также 30° и 60° равны. Это подтверждается той же формулой. Когда произведение косинусов углов и синусов углов равны






# Траектория баллистической ракеты

Наиболее существенной чертой, отличающей баллистические ракеты от ракет других классов, является характер их траектории.

Траектория баллистической ракеты состоит из двух участков – активного и пассивного. На активном участке ракета движется с ускорением под действием силы тяги двигателей. При этом ракета запасает кинетическую энергию. В конце активного участка траектории, когда ракета приобретёт скорость, имеющую заданную величину и направление, двигательная установка выключается. После этого головная часть ракеты отделяется от её корпуса и дальше летит за счёт запасённой кинетической энергии. Второй участок траектории (после выключения двигателя) называют участком свободного полёта ракеты, или пассивным участком траектории.

Баллистические ракеты стартуют с пусковых установок вертикально вверх. Вертикальный пуск позволяет построить наиболее простые пусковые установки и обеспечивает благоприятные условия управления ракетой сразу же после старта. Кроме того, вертикальный пуск позволяет снизить требования к жёсткости корпуса ракеты и, следовательно, уменьшить вес её конструкции.

Управление ракетой осуществляется так, что через несколько секунд после старта она, продолжая подъём вверх, начинает постепенно наклоняться в сторону цели, описывая в пространстве дугу. Угол между продольной осью ракеты и горизонтом (угол тангажа) изменяется при этом на  $90^\circ$  до расчетного конечного значения. Требуемый закон изменения (программа) угла тангажа задается программным механизмом, входящим в бортовую аппаратуру ракеты. На завершающем отрезке активного участка траектории угол тангажа выдерживается, постоянный и ракета летит прямолинейно, а когда скорость достигает расчетной величины - двигательную установку выключают. Кроме величины скорости, на завершающем отрезке активного участка траектории задают также и заданное направление полёта ракеты (направление вектора её скорости). Скорость движения в конце активного участка траектории достигает значительных величин, но ракета набирает эту скорость постепенно. Пока ракета находится в плотных слоях атмосферы, скорость её мала, что позволяет снизить потери энергии на преодоление сопротивления среды.

- 
- Момент выключения двигательной установки разделяет траекторию баллистической ракеты на активный и пассивный участки. Поэтому точку траектории, в которой выключаются двигатели, называют граничной точкой. В этой точке управление ракетой обычно заканчивается и весь дальнейший путь к цели она совершает в свободном движении. Дальность полёта баллистических ракет вдоль поверхности Земли, соответствующая активному участку траектории, равна не более чем 4-10% общей дальности. Основную часть траектории баллистических ракет составляют участок свободного полёта.
  - Для того чтобы полностью охарактеризовать полёт ракеты, недостаточно знать только такие элементы её движения, как траектория, дальность, высота, скорость полёта и другие величины, характеризующие движение центра тяжести ракеты. Ракета может занимать в пространстве различные положения относительно своего центра тяжести.
  - В процессе движения ракета испытывает различные возмущения, связанные с беспокойным состоянием атмосферы, неточностью работы силовой установки, различного рода помехи и т. п. Совокупность этих погрешностей, не предусмотренных расчётом, приводит к тому, что фактическое движение сильно отличается от идеального. Поэтому для эффективного управления ракетой необходимо устранить нежелательное влияние случайных возмущающих воздействий, или, как говорят, обеспечить устойчивость движения ракеты.

## Заключение

- Баллистика - важная и древняя наука, она применяется в военном деле и в криминалистике. С помощью проведенного нами опыта мы подтвердили определенную зависимость между углом вылета и дальностью полета снаряда. Также хотелось бы отметить, что изучая баллистику, мы видим тесную связь двух наук: физики и математики.

## Список использованной литературы

- Е.И. Бутиков, А.С. Кондратьев, Физика для углубленного изучения, том 1. Механика.
- Г.И. Копылов, Всего лишь кинематика, Библиотечка "Квант", выпуск 11. М.: Наука, 1981
- Физика. Учебник для 10 класса. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. (1982.)



■ СПАСИБО  
■ ЗА  
■ ВНИМАНИЕ