

Лабораторная работа №7

Определение скорости полёта пули с помощью баллистического маятника

Содержание

Оборудование.....	1
Цель работы.....	1
Теоретическое обоснование.....	1
Экспериментальная часть.....	2
Пули массой $m = 0.3$ г.....	2
Пули массой $m = 0.57$ г.....	2
Пули массой $m = 0.68$ г.....	2
Установление зависимости.....	3
Заключение.....	3

Оборудование

- Баллистический маятник: фиксированное крепление, подвешенная мишень и горизонтальная шкала, вдоль которой мишень движется
- Пневматическая винтовка
- Три разных комплекта пуль массами 0.3 г, 0.57 г и 0.68 г
- Камера для фиксации отклонения маятника

Цель работы

Цель работы заключается в определении начальной скорости полёта пуль разной массы при помощи баллистического маятника, а также определение зависимости начальной скорости полёта пули, запущенной из данной винтовки, от её массы.

Теоретическое обоснование

Баллистический маятник является одним из способов определения скорости полёта снаряда (пули). Его работа основана на законе сохранения импульса: при выстреле снаряда из пушки в варианте, показанном на рисунке 1 или попадании пули в мишень в нашем опыте импульс отдачи (поглощенный мишенью импульс) приводит к отклонению маятника. При достаточно длинном подвесе это отклонение медленное и амплитуда отклонения может быть легко измерена. Формализуем это рассуждение. Пусть пуля

массой m , летящая со скоростью V , попадает в математический маятник с длиной подвеса L . Сразу после столкновения маятник приобретает горизонтальную скорость:

$$U = \frac{mV}{M + m}$$

Что позволит ему подняться на высоту:

$$H = \frac{p_0^2}{2g(M + m)^2} = \left(\frac{m}{M + m} \right)^2 \frac{V^2}{2g} \approx \left(\frac{m}{V} \right)^2 \frac{V^2}{2g},$$

где p_0 это импульс маятника в нижней точке, равный импульсу пули перед попаданием.

Измеряем мы горизонтальное смещение маятника.

$$\Delta = \sqrt{L^2 - (L - H)^2} \approx \sqrt{2LH} = \sqrt{\frac{L}{g} \frac{m}{M}} V = \frac{T_0}{2\pi} \frac{m}{M} V,$$

где T_0 - период малых колебаний. Тогда:

$$V = \Delta \frac{M}{m} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

В данном эксперименте:

$$L = 90.20 \pm 0.05 \text{ см}$$

$$M = 494 \pm 0.1 \text{ г}$$

Экспериментальная часть

Пули массой $m = 0.3 \text{ г}$

При обстреле цели этими пулями получено следующее среднее значение горизонтального отклонения:

$$\Delta = 2.91 \pm 0.1 \text{ см}$$

Тогда начальная скорость полёта пули:

$$V = 158.03 \text{ м/с}$$

Пули массой $m = 0.57 \text{ г}$

При обстреле цели этими пулями получено следующее среднее значение горизонтального отклонения:

$$\Delta = 3.66 \pm 0.1 \text{ см}$$

Тогда начальная скорость полёта пули:

$$V = 104.60 \text{ м/с}$$

Пули массой $m = 0.68 \text{ г}$

При обстреле цели этими пулями получено следующее среднее значение горизонтального отклонения:

$$\Delta = 3.74 \pm 0.1 \text{ см}$$

Тогда начальная скорость полёта пули:

$$V = 89.71 \text{ м/с}$$

Установление зависимости

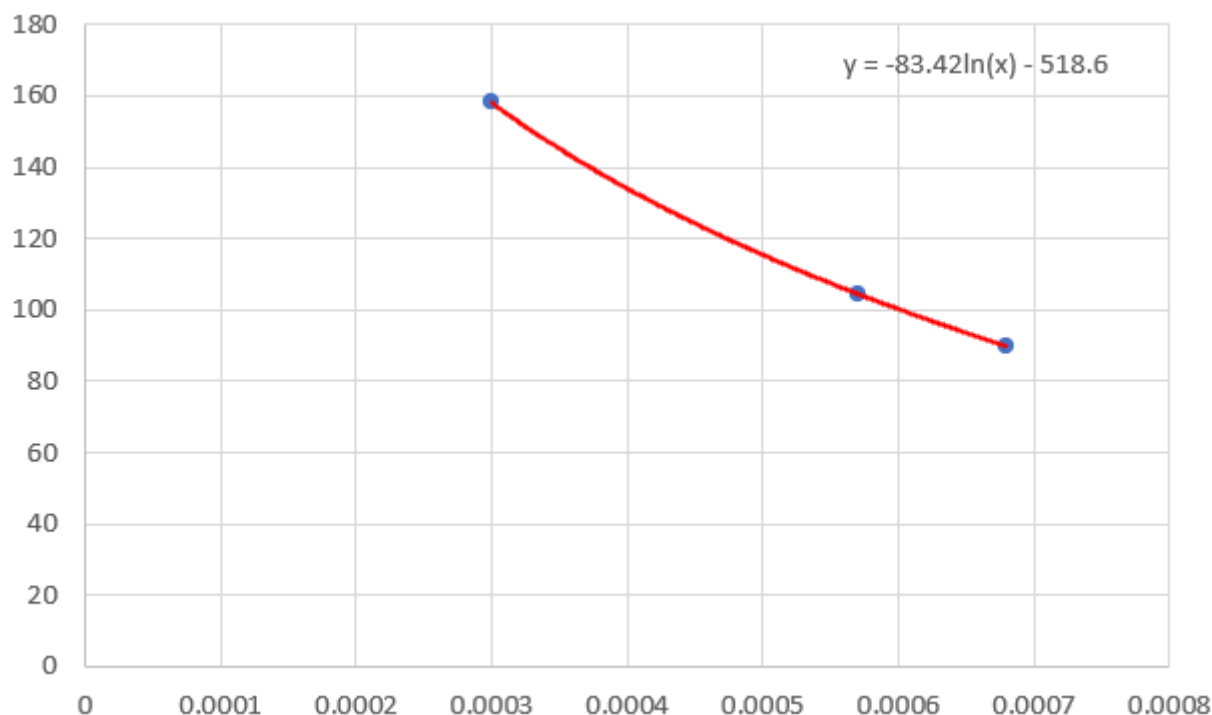


Рис. 1: Зависимость начальной скорости полёта пули от её массы

В целом, трёх разновидностей пуль недостаточно, чтобы однозначно определить зависимость скорости пули от её массы, но наши измерения достаточно хорошо описывают следующая модель:

$$V = -83.42 \cdot \ln(m) - 518.6$$

Однако, учитывая, что скорость у пули в принципе возникает от преобразования потенциальной энергии механизма пневматической винтовки в кинетическую энергию пули, и то, что эта энергия постоянна, и равна:

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

Скорость V правильнее будет описывать обратно — степенной функцией.

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 3.34}{m}}$$

Заключение

В ходе работы были произведены замеры горизонтального отклонения баллистического маятника при стрельбе пулями разных масс. С их помощью были рассчитаны скорости полёта пуль после выстрела, а также установлена зависимость начальной скорости пули от её массы:

$$V = \sqrt{\frac{2 * 3.34}{m}}$$