

Лабораторная работа 1.2.1

Определение скорости полёта пули при помощи баллистического маятника

27 октября 2023 г.

1. Цели и задачи

- определить скорость полёта пули, применяя законы сохранения и используя баллистические маятники

2. Оборудование

- духовое ружьё на штативе
- осветитель
- оптическая система для измерения отклонений маятника
- измерительная линейка
- пули и весы для их взвешивания
- баллистические маятники

3. Теория

Поступательный маятник:

Скорость пули:

$$u = \frac{M}{m} \sqrt{\frac{g}{L}} x \quad (1)$$

Погрешность:

$$\Delta u = \sqrt{\left(\frac{\Delta M}{M}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + 0,5 \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + 0,5 \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2} \quad (2)$$

Крутильный маятник:

Отклонение:

$$\varphi \approx \frac{x}{d} \quad (3)$$

$$\sqrt{kI} = \frac{4\pi M R^2 T_1}{T_1^2 - T_2^2} \quad (4)$$

Скорость пули:

$$u = \varphi \frac{\sqrt{kI}}{mr} \quad (5)$$

Погрешности:

$$\Delta u = \sqrt{\left(\frac{\Delta \varphi}{\varphi}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta r}{r}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(\sqrt{kI})}{(\sqrt{kI})}\right)^2} \quad (6)$$

$$\Delta\varphi = \sqrt{\left(\frac{\Delta x}{x}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2} \quad (7)$$

$$\Delta(\sqrt{kI}) = \sqrt{\left(\frac{\Delta M}{M}\right)^2 + 2\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta T_1}{T_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta(T_1^2 - T_2^2)}{(T_1^2 - T_2^2)}\right)^2} \quad (8)$$

4. Ход работы

Таблица 1. Масса пуль

N пули	m , мг
1	502
2	508
3	508
4	487
5	504
6	507
7	516
8	507
9	509
10	499

I. Метод баллистического маятника, совершающего поступательное движение

Длина подвеса

$$L = 220,0 \pm 0,5 \text{ см}$$

Масса подвеса

$$M = 2925 \pm 5 \text{ г}$$

Ускорение свободного падения

$$g = 9,810 \pm 0,010 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$$

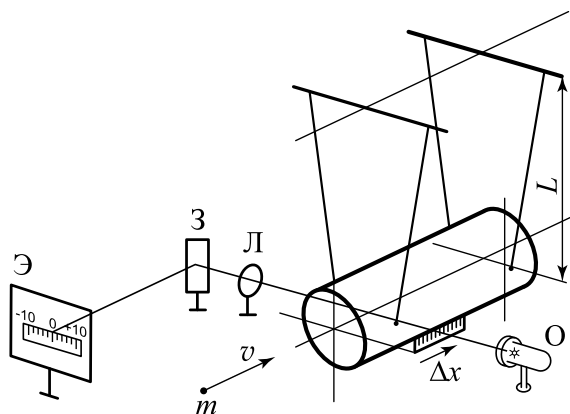


Рис. 1. Схема установки для измерения скорости пули

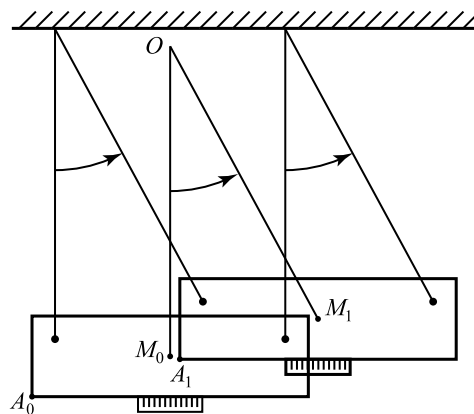


Рис. 2. Установка после попадания пули

Таблица 3. Результаты измерений

N пули	Δx , см	u , м/с
1	12,20	150 ± 6
2	12,10	147 ± 6
3	12,00	146 ± 6
4	12,10	153 ± 6
5	12,05	148 ± 6

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

$$u_1 = \langle u \rangle = 148,9 \pm 2,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

II. Метод крутильного баллистического маятника

Расстояние от мишени до оси

$$r = 22,00 \pm 0,20 \text{ см}$$

Расстояние от груза до оси

$$R = 33,00 \pm 0,20 \text{ см}$$

Масса груза

$$M = 727,2 \pm 0,5 \text{ г}$$

Расстояние до шкалы

$$d = 130,0 \pm 0,5 \text{ см}$$

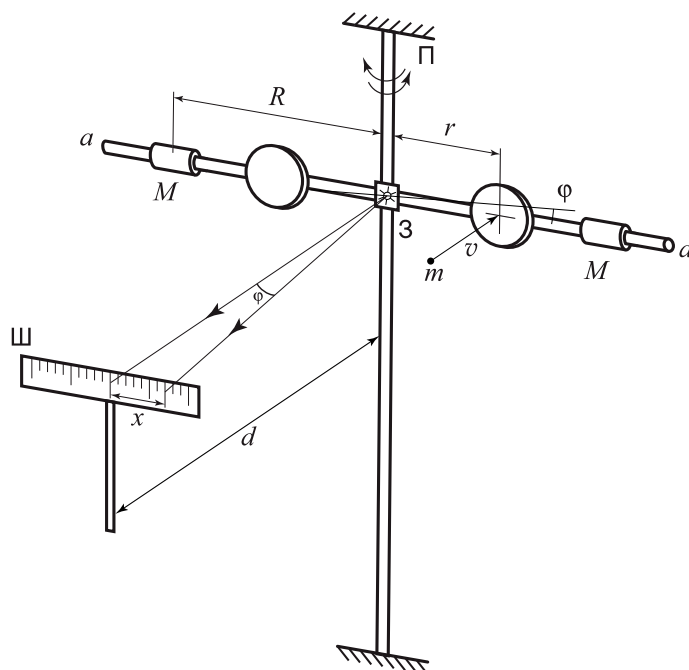


Рис. 3. Схема крутильного баллистического маятника

Таблица 5. Результаты измерений

N пули	N	t , с	T , с	x , см	φ , рад	u , м/с
6	10	52,50	5,25	6,10	0,047	—
7	10	69,11	6,91	4,50	0,035	$104,9 \pm 2,0$
8	10	69,03	6,90	4,80	0,037	$113,8 \pm 2,1$
9	10	68,71	6,87	4,70	0,036	$111,0 \pm 2,1$
10	10	68,86	6,89	4,40	0,034	$106,0 \pm 2,1$

$$\varphi \approx \frac{x}{d}$$

$$\sqrt{kI} = \frac{4\pi MR^2 T_1}{T_1^2 - T_2^2} = 0,344 \pm 0,004 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$$

$$u = \varphi \frac{\sqrt{kI}}{mr}$$

$$u_2 = \langle u \rangle = 108,9 \pm 1,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

5. Вывод

Мы измерили скорость полёта пуль духового ружья и пистолета с помощью поступательного и крутильного баллистического маятника.

$$u_1 = 148,9 \pm 2,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

$$u_2 = 108,9 \pm 1,8 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$