

НИУ «Высшая школа  
экономики»

Лабораторная работа №1

# **Определение скорости пули при помощи баллистического маятника**

Выполнил Никитин Илья  
Под руководством Готовко Софьи Клементовной  
БФЗ\_191\_2

## Оглавление

Цель работы.....	2
Теоретическое обоснование.....	2
Экспериментальная установка.....	2
Ход эксперимента.....	3
Вывод.....	4

## Цель работы

При выполнении работы требуется изучить зависимость скорости пули, вылетающей из дула пневматического ружья от ее массы при помощи серии экспериментов с баллистическим маятником.

## Теоретическое обоснование

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

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

Это позволит маятнику подняться на высоту

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

где  $p_0$  импульс маятника в нижней точке, равный по закону сохранения импульса импульсу пули перед попаданием. Удобнее измерять горизонтальное смещение маятника

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

$$V = \frac{2\pi M \Delta}{T_0 m}$$

Исходя из закона сохранения энергии, примененного без учета работы силы трения, получим, что потенциальная энергия сжатой пружины ружья равна кинетической энергии пули

$$\frac{k \Delta x^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$$

$$V = \Delta x \sqrt{\frac{k}{m}}$$

## Экспериментальная установка

- Весы с погрешностью  $\pm 0,001\text{г}$
- Пневматическая винтовка МР-61

- Баллистический маятник с периодом малых колебаний  $\approx 1,75 \text{ с}$
- Груз массой 200г на момент начала опытов
- Камера смартфона, регистрирующая отклонение маятника

## Ход эксперимента

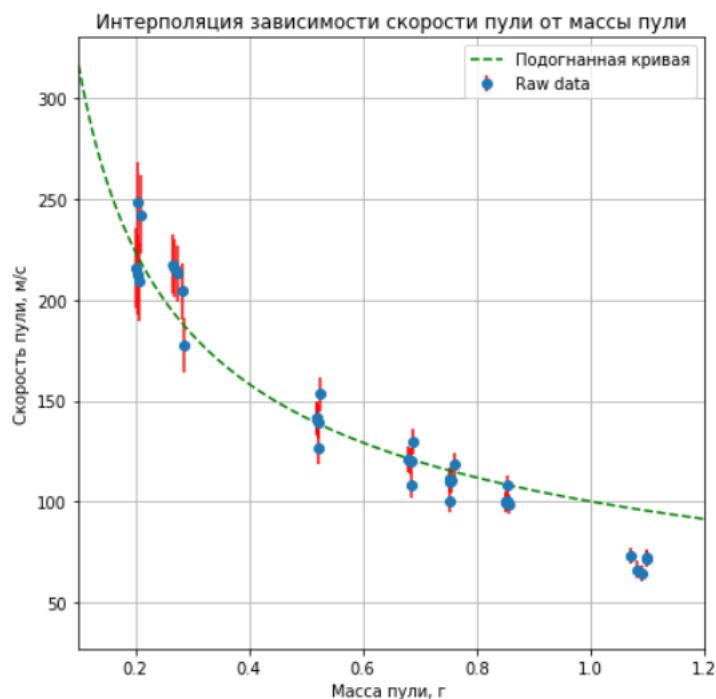
В ходе работы я стрелял из пневматического ружья в тело, подвешенное на баллистическом маятнике, смещение тела после выстрела фиксировалось на камеру смартфона. Всего было проведено 35 опытов, 7 серий для пуль разных номиналов по 5 экспериментов. Результаты опытов были занесены в таблицу:

№ опыта	Масса груза, г	Масса пули, г	Смещение груза, см	
1	200,203	0,203	6,0	Номинал 0.23г
2	200,403	0,200	6,0	
3	200,611	0,208	7,0	
4	200,814	0,203	7,0	
5	201,021	0,207	6,0	
6	201,304	0,283	8,0	Номинал 0.3г
7	201,570	0,266	8,0	
8	201,856	0,286	7,0	
9	202,125	0,269	8,0	
10	202,398	0,273	8,0	
11	202,920	0,522	10,0	Номинал 0.5г
12	203,444	0,524	11,0	0,524
13	203,963	0,519	10,0	
14	204,484	0,521	9,0	
15	205,004	0,520	10,0	
16	205,688	0,684	10,0	Номинал 0.68г
17	206,375	0,687	12,0	
18	207,057	0,682	11,0	
19	207,737	0,680	11,0	
20	208,422	0,685	11,0	
21	209,184	0,762	12,0	Номинал 0.75г
22	209,938	0,754	11,0	
23	210,690	0,752	10,0	
24	211,447	0,757	11,0	
25	212,201	0,754	11,0	
26	213,057	0,856	11,0	Номинал 0.85г
27	213,912	0,855	12,0	
28	214,763	0,851	11,0	
29	215,615	0,852	11,0	
30	216,469	0,854	11,0	
31	217,561	1,092	9,0	Номинал 1.1г
32	218,633	1,072	10,0	
33	219,733	1,100	10,0	
34	220,831	1,098	10,0	
35	221,913	1,082	9,0	

Были посчитаны скорости пуль в каждом эксперименте и занесены в таблицу:

	Масса, г	Скорость, м/с	Погрешность скорости, м/с
Номинал 0.23г	0.203	212.46	19.72
	0.200	215.86	20.03
	0.208	242.40	19.28
	0.203	248.62	19.78
	0.207	209.20	19.41
Номинал 0.3г	0.283	204.31	13.75
	0.266	217.66	14.65
	0.286	177.38	13.65
	0.269	215.82	14.53
	0.273	212.95	14.33
Номинал 0.5г	0.522	139.57	8.26
	0.524	153.34	8.25
	0.519	141.10	8.35
	0.521	126.83	8.34
	0.520	141.55	8.37
Номинал 0.68г	0.684	107.97	6.39
	0.687	129.43	6.38
	0.682	119.91	6.45
	0.680	120.65	6.49
	0.685	120.17	6.46
Номинал 0.75г	0.762	118.28	5.83
	0.754	109.96	5.91
	0.752	100.59	5.95
	0.757	110.32	5.93
	0.754	111.15	5.98
Номинал 0.85г	0.856	98.30	4.81
	0.855	107.79	4.84
	0.851	99.67	4.88
	0.852	99.95	4.89
	0.854	100.11	4.90
Номинал 1.1г	1.092	64.38	3.98
	1.072	73.23	4.08
	1.100	71.72	3.99
	1.098	72.21	4.02
	1.082	66.27	4.10

Далее был построен график зависимости скорости от массы и подогнана кривая исходя из теории:



## Вывод

Как можно заметить, в подгонку под теоретическую зависимость все точки кроме последних пяти входят с хорошей точностью. Объяснить это можно наличием в реальном эксперименте трения подвеса, выстрелами, произведенными не «точно в цель», повлекшие за собой

небольшие раскручивания маятника и перехода кинетической энергии поступательного движения в энергию вращательного движения, а так же неидеальность подгонки в Python

## **Библиография**

[Методические указания к лабораторным работам по механике]