

# Отчет о выполнении лабораторной работы 1.2.1

## Определение скорости полета пули при помощи баллистического маятника

Шубин Владислав

Сентябрь 2023

### 1 Аннотация

В работе определяется скорость полета пули, путём применения законов сохранения и использования баллистического маятника. Используется следующий метод измерений скорости: 1) определение отклонения маятника с помощью оптической системы, изображенной на рис. 1а. Геометрические размеры образца измеряются с помощью линейки, штангенциркуля и микрометра. Детально исследуются систематические и случайные погрешности проводимых измерений.

### 2 Теоретические сведения

#### 2.1 Метод баллистического маятника, совершающего поступательное движение

В этой части работы (вторая часть не выполнялась) используется установка, изображенная на рис. 1а. Внешними силами для системы пуля-цилиндр являются сила тяжести, не имеющая горизонтальной компоненты, и силы натяжения нитей, горизонтальные компоненты которых появляются при отклонении маятника. Но так как отклонения маятника малы, то и эти компоненты малы и тем более мал и их импульс. Поэтому закон сохранения импульса при соударении пули с цилиндром имеет вид

$$mu = (M + m)V. \quad (1)$$

Здесь  $m$  - масса пули,  $M$  - масса цилиндра,  $V$  - скорость цилиндра и пули после неупругого соударения.

Откуда (учитывая, что  $M \gg m$ ) можно написать

$$u = \frac{M}{m}V. \quad (2)$$

По закону сохранения энергии

$$V^2 = 2gh. \quad (3)$$

Здесь  $g$  - ускорение свободного падения,  $h$  - высота подъёма маятника над его начальным положением.

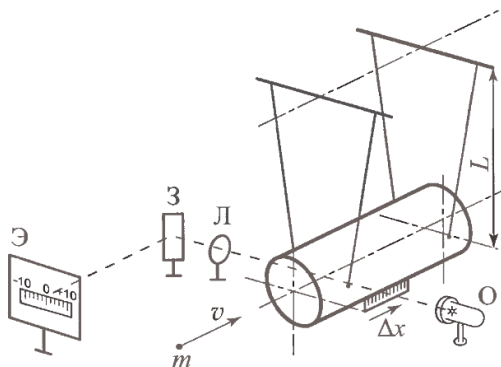
Высота подъёма маятника выражается через угол  $\varphi$  отклонения маятника от вертикали:

$$h = L(1 - \cos \varphi) = 2L \sin^2 \frac{\varphi}{2}, \quad (4)$$

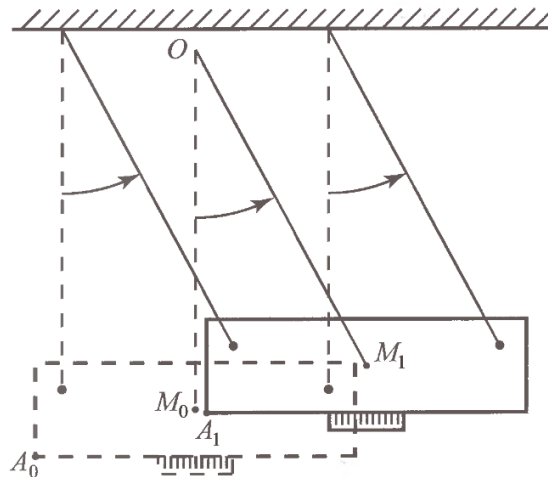
где  $\varphi \approx \frac{\Delta x}{L}$

Из (2), (3) и (4) получаем формулу для определения скорости пули:

$$v = \frac{M}{m} \sqrt{\frac{g}{L}} \Delta x. \quad (5)$$



(а) Рис. 1. Схема установки для измерения скорости



(б) Рис. 2. Поведение баллистического маятника при попадании в него пули

### 3 Оборудование и инструментальные погрешности

**Оборудование:** духовое ружье на штативе, осветитель, оптическая система для измерения отклонений маятника, измерительная линейка, пули и весы для их взвешивания, а также баллистические маятники.

- Линейка:  $\Delta = \pm 0.5$  мм (по цене деления).
- Весы:  $\Delta m = 0.001$  г

### 4 Результаты измерений и обработка данных

#### 4.1 Массы пуль:

Низм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$m$ , г	0.516	0.515	0.503	0.504	0.507	0.512	0.508	0.507	0.509	0.501

$$L = (2220 \pm 10) \text{ мм}, M = (2900 \pm 5) \text{ г}.$$

#### 4.2 Амплитуды и соответствующие скорости:

$\Delta x$ , мм	$v$ , м/с
$11.7 \pm 0.2$	$135.24 \pm 3$
$10.2 \pm 0.2$	$140.57 \pm 3$
$11.7 \pm 0.2$	$146 \pm 3$

Усредняя, получаем  $v = (140 \pm 5)$ , м/с.

### 5 Обсуждение результатов

### 6 Заключение

Я получил значение скорости пули методом баллистического маятника. Значения скорости совпали с точностью до погрешности, в том числе и с остальными студентами моей группы.