

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ ИТМО»

ФАКУЛЬТЕТ ПРОГРАММНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ



## Лабораторная работа по физике №1

Исследование распределения случайной величины

**Выполнили:**

Степанов Арсений Алексеевич  
Выдра Андрей Михайлович

**Группа:**

ФИЗ ПИиКТ БАЗ 3.4.1

**Преподаватель:**

Пулькин Николай Сергеевич

Санкт-Петербург, 2023г.

# 1 Цели работы

Произвести исследование случайной величины и построить соответствующие схемы и графики на основе произведённых измерений

## 2 Схема установки

Пара секундомеров, используемых для измерения интервалов времени

### 2.1 Измерительные приборы

№	Наименование	Тип	Используемый диапазон	Погрешность
1	Секундомер	Механический	5 сек	$\pm 0.2$ сек
2	Секундомер	Электронный	5 сек	$\pm 1$ мс

## 3 Результаты прямых измерений

№	$t_i$	$t_i - \langle t \rangle_N$ , сек	$(t_i - \langle t \rangle_N)^2$ , сек <sup>2</sup>
1	4.65	-0.31	0.0961
2	4.91	-0.05	0.0025
3	4.97	0.02	0.0004
4	4.88	-0.08	0.0064
5	5.06	0.11	0.0121
6	5.03	0.08	0.0064
7	4.84	-0.12	0.0144
8	4.91	-0.05	0.0025
9	5.06	0.11	0.0121
10	5.00	0.05	0.0025
11	4.84	-0.12	0.0144
12	5.06	0.11	0.0121
13	4.88	-0.08	0.0064
14	4.81	-0.15	0.0225
15	4.84	-0.12	0.0144
16	5.07	0.12	0.0144
17	4.88	-0.08	0.0064
18	4.93	-0.03	0.0009
19	5.06	0.11	0.0121
20	5.25	0.30	0.09
21	4.88	-0.08	0.0064
22	5.06	0.11	0.0121
23	4.75	-0.21	0.0441
24	4.94	-0.02	0.0004
25	4.97	0.02	0.0004
26	5.00	0.05	0.0025
27	4.88	-0.08	0.0064
28	5.07	0.12	0.0144
29	5.00	0.05	0.0025
30	5.00	0.05	0.0025

31	5.12	0.17	0.0289
32	4.90	-0.06	0.0036
33	5.06	0.11	0.0121
34	4.90	-0.06	0.0036
35	5.06	0.11	0.0121
36	4.78	-0.18	0.0324
37	4.91	-0.05	0.0025
38	4.94	-0.02	0.0004
39	5.06	0.11	0.0121
40	4.88	-0.08	0.0064
41	4.90	-0.06	0.0036
42	5.00	0.05	0.0025
43	4.97	0.02	0.0004
44	5.06	0.11	0.0121
45	5.06	0.11	0.0121
46	4.87	-0.09	0.0081
47	5.00	0.05	0.0025
48	5.00	0.05	0.0025
49	4.94	-0.02	0.0004
50	4.94	-0.02	0.0004

## 4 Расчёт результатов косвенных измерений

### 4.1 Используемые формулы

#### 4.1.1 Выборочное значение

$$\langle t \rangle_N = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N t_i$$

#### 4.1.2 Максимальная высота гистограммы

$$\rho_{\max} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}$$

#### 4.1.3 Плотность вероятности

$$\rho(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(t-\langle t \rangle)^2}{2\sigma^2}}$$

#### 4.1.4 Выборочное среднеквадратичное отклонение

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (t_i - \langle t \rangle_N)^2}$$

#### 4.1.5 Среднеквадратичное отклонение среднего значения

$$\sigma_{\langle t \rangle} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (t_i - \langle t \rangle_N)^2}$$

#### 4.1.6 Доверительный интервал случайной погрешности

$$\Delta_t = t_{\alpha n} \cdot \sigma_{\langle t \rangle} \quad \alpha = 0.95$$

## 4.2 Расчет плотности распределения

Разобьём диапазон полученных значений на 7 интервалов с  $\Delta t = 0.09$  сек

Границы интервалов	$\Delta N$	$\Delta N / (N \cdot \Delta t)$ , сек <sup>-1</sup>	$t$ , сек	$\rho$ , сек <sup>-1</sup>
[4.65, 4.74]	1	0.23	4.692	0.210
[4.74, 4.83]	3	0.70	4.778	0.987
[4.83, 4.92]	13	3.03	4.875	2.684
[4.92, 5.01]	11	2.57	4.950	3.601
[5.01, 5.10]	20	4.67	5.035	2.793
[5.10, 5.19]	1	0.23	5.121	1.118
[5.19, 5.28]	1	0.23	5.207	0.277

Пример расчёта  $\rho$  для интервала [4.83, 4.92]:

$$\langle t \rangle = \frac{1}{50} \cdot \sum_{i=1}^{50} t_i = 4.96 \quad t = \frac{4.83 + 4.92}{2} = 4.875$$

$$\sum_{i=1}^{50} (t_i - \langle t \rangle)^2 = 0.5994 \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{50 - 1} \cdot 0.5994} = 0.1106$$

$$\rho = \frac{1}{0.1106 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(4.875 - 4.96)^2}{2 \cdot 0.1106^2}} = 2.684$$

## 5 Расчёт погрешностей

№	Формула	Интервал, сек	$\Delta N$	$\Delta N / N$	P
1	$\langle t \rangle \pm \sigma$	[4.85, 5.07]	39	0.78	0.683
2	$\langle t \rangle \pm 2 \cdot \sigma$	[4.74, 5.18]	48	0.96	0.954
3	$\langle t \rangle \pm 3 \cdot \sigma$	[4.62, 5.29]	50	1	0.997

### 5.1 Среднеквадратичное отклонение среднего значения

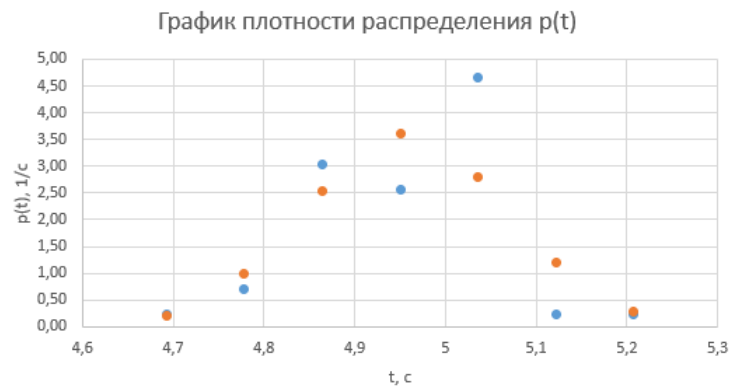
$$\sigma_{\langle t \rangle} = \sqrt{\frac{1}{50 \cdot 49} \cdot 0.5994} = 0.015$$

### 5.2 Доверительный интервал случайной погрешности

$$\Delta_t = 2.009 \cdot 0.015 = 0.0301$$

## 6 Графики

### 6.1 График плотности распределения



## 7 Окончательные результаты

Выполняя работу мы провели серию из 50 измерений по 5 секунд с использованием механического и электронного секундомера. Наглядно увидеть полученную статистику можно на графике плотности распределения

Для проведённой серии измерений среднеквадратичное отклонение среднего значения  $\sigma_{\langle t \rangle} = 0.015$ , а доверительный интервал случайной погрешности  $\Delta_t = 0.0301$