**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики**



**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

Группа Р3112 К работе допущен Студент Балтабаев Дамир Темиржанович Работа выполнена

Преподаватель Сорокина Елена Константиновна

Отчет принят **Рабочий протокол и отчет по лабораторной работе №1**

Исследование распределения случайной величины

# Цель работы.

1. Провести многократные измерения определенного интервала времени.
2. Построить гистограмму распределения результатов измерения.
3. Вычислить среднее значение и дисперсию полученной выборки.
4. Сравнить гистограмму с графиком функции Гаусса с такими же, как и у экспериментального распределения средним значением и дисперсией.

# Задачи, решаемые при выполнении работы.

1) **Провести 50 измерений, устанавливая промежуток времени в 5с.** Результат каждого измерения заносить во второй столбец Табл. 1;

2) **Построим гистограмму**, выполняя следующие действия:

- **взять tmin и tmax** из Табл. 1.

- **разбить промежуток на m равных интервалов**, где m должно быть близко к √N (N – число измерений). Измеренные значения 𝑡𝑚𝑖𝑛 и 𝑡𝑚𝑎𝑥 должны попадать внутрь «крайних» интервалов; Границы выбранных интервалов занесем в первый столбец Табл. 2

- **подсчитаем число результатов измерений ∆𝑁𝑖**, из Табл. 1, **попавших в каждый из интервалов ∆𝑡**, заполнив таким образом второй столбец Табл. 2;

- **вычислим опытное значение плотности вероятности** (третий столбец Табл. 2);

- построим на миллиметровой бумаге гистограмму.

3) По данным Табл. 1 **вычислим выборочное значение среднего ⟨𝑡⟩𝑁 и выборочное среднеквадратичное отклонение 𝜎𝑁**;

4) Запишем результат «в подвал» Табл.1;

5) По формуле (5) **вычислим максимальное значение плотности распределения 𝜌𝑚𝑎𝑥**, соответствующее 𝑡 = ⟨𝑡⟩, занесём его в «подвал» Табл. 1;

6) **Найдем значения 𝑡, соответствующие серединам выбранных ранее интервалов**, занесем их в четвертый столбец Табл. 2. Для этих значений, используя параметры ⟨𝑡⟩𝑁 и 𝜎𝑁 в качестве ⟨𝑡⟩ и 𝜎, **вычислим значения плотности распределения 𝜌 (𝑡),** занесем их в пятый столбец Табл. 2. Нанесем все расчетные точки на график, на котором изображена гистограмма, и проведем через них плавную кривую;

7) Проверим, насколько точно выполняется в наших опытах соотношение между вероятностями и долями ΔNσN,ΔN2σN,ΔN3σN . Для этого **вычислим границы интервалов** для найденных вами значений ⟨𝑡⟩𝑁 и 𝜎𝑁, занесем их во второй и третий столбцы Табл. 3;

8) По данным Табл. 1 **подсчитаем** и занесем в Табл. 3 **количество ∆𝑁 измерений**, попадающих в каждый из этих интервалов, и отношение ΔN/N этого количества к общему числу измерений. Сравним их с соответствующими нормальному распределению значениями 𝑃 вероятности;

9) **Рассчитаем среднеквадратичное отклонени**е среднего значения;

10) **Найдем табличное значение коэффициента Стьюдента** 𝑡𝛼,𝑁 для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95. Запишем доверительный интервал для измеряемого в работе промежутка времени

# Объект исследования.

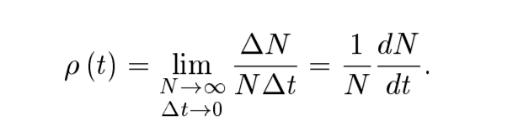
Промежуток времени в размере 5 секунд

# Метод экспериментального исследования.

Многократное измерение времени, заданного стрелочным секундомером, при помощи цифрового секундомера.

# Рабочие формулы и исходные данные.

1)Плотность вероятности p(t):



2) Плотность вероятности p(t) метод измерения 2:

Изображение выглядит как объект, часы

Автоматически созданное описание

3) Максимальная плотность вероятности:

Изображение выглядит как часы

Автоматически созданное описание

4) Коэффициент 𝑡𝛼,𝑁 – коэффициент Стьюдента, где 𝛼 - доверительная вероятность:

5)Формула вероятности попадания точки в заданный отрезок:

Изображение выглядит как объект, часы

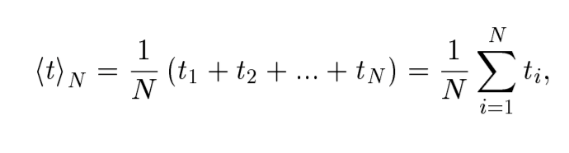
Автоматически созданное описание

6)Стандартные вероятности попадания точки в интервалы ,, для нормального распределения:

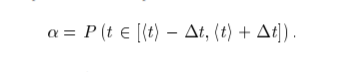
Изображение выглядит как объект

Автоматически созданное описание

7) Среднее t:



8) Доверительная вероятность



9) Среднеквадратичное отклонение среднего значения

Изображение выглядит как часы

Автоматически созданное описание

10) Выборочное среднеквадратичное отклонение

Изображение выглядит как объект, часы

Автоматически созданное описание

# Измерительные приборы.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *№ п/п* | *Наименование* | *Тип прибора* | *Используемый диапазон* | *Погрешность прибора* |
| *1* | Секундомер | *Электронный* | *5 секунд* | *0,005с* |
| *2* | Секундомер | *Механический* | *5 секунд* | *0,1с* |

# Результаты прямых измерений и их обработки (*таблицы, примеры расчетов*).

*Таблица 1: Результаты прямых измерений и их обработки*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | 𝑡𝑖, с | 𝑡𝑖 − ⟨𝑡⟩𝑁 , с | (𝑡𝑖 −⟨𝑡⟩𝑁)^2,с^2 |
| 1 | 4,86 | -0,17 | 0,03 |
| 2 | 4,87 | -0,16 | 0,03 |
| 3 | 4,89 | -0,14 | 0,02 |
| 4 | 4,91 | -0,12 | 0,02 |
| 5 | 4,91 | -0,12 | 0,02 |
| 6 | 4,93 | -0,10 | 0,01 |
| 7 | 4,94 | -0,09 | 0,01 |
| 8 | 4,94 | -0,09 | 0,01 |
| 9 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 10 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 11 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 12 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 13 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 14 | 4,98 | -0,05 | 0,00 |
| 15 | 4,99 | -0,04 | 0,00 |
| 16 | 4,99 | -0,04 | 0,00 |
| 17 | 4,99 | -0,04 | 0,00 |
| 18 | 4,99 | -0,04 | 0,00 |
| 19 | 5,01 | -0,02 | 0,00 |
| 20 | 5,02 | -0,01 | 0,00 |
| 21 | 5,02 | -0,01 | 0,00 |
| 22 | 5,03 | 0,00 | 0,00 |
| 23 | 5,03 | 0,00 | 0,00 |
| 24 | 5,03 | 0,00 | 0,00 |
| 25 | 5,04 | 0,01 | 0,00 |
| 26 | 5,04 | 0,01 | 0,00 |
| 27 | 5,04 | 0,01 | 0,00 |
| 28 | 5,04 | 0,01 | 0,00 |
| 29 | 5,04 | 0,01 | 0,00 |
| 30 | 5,05 | 0,02 | 0,00 |
| 31 | 5,05 | 0,02 | 0,00 |
| 32 | 5,06 | 0,03 | 0,00 |
| 33 | 5,06 | 0,03 | 0,00 |
| 34 | 5,06 | 0,03 | 0,00 |
| 35 | 5,07 | 0,04 | 0,00 |
| 36 | 5,07 | 0,04 | 0,00 |
| 37 | 5,08 | 0,05 | 0,00 |
| 38 | 5,08 | 0,05 | 0,00 |
| 39 | 5,09 | 0,06 | 0,00 |
| 40 | 5,09 | 0,06 | 0,00 |
| 41 | 5,1 | 0,07 | 0,00 |
| 42 | 5,1 | 0,07 | 0,00 |
| 43 | 5,12 | 0,09 | 0,01 |
| 44 | 5,13 | 0,10 | 0,01 |
| 45 | 5,13 | 0,10 | 0,01 |
| 46 | 5,13 | 0,10 | 0,01 |
| 47 | 5,14 | 0,11 | 0,01 |
| 48 | 5,16 | 0,13 | 0,02 |
| 49 | 5,25 | 0,22 | 0,05 |
| 50 | 5,26 | 0,23 | 0,05 |
| <t>n | SUM ti - <t>n,c | 𝜎, c | Pmax, с^-1 |
| 5,03 | 0,00 | 0,08 | 4,74 |

=4,86c

=5,26c

# Расчет результатов косвенных измерений (*таблицы, примеры расчетов*).

Таблица 2: Расчет результатов косвенных измерений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Границы интервалов | ΔN | ΔN/NΔt,c^1 | t | p, c |
| 4,86 | 5 | 1,71 | 4,89 | 0,99 |
| 4,91 |
| 4,92 | 3 | 1,02 | 4,95 | 2,70 |
| 4,97 |
| 4,98 | 16 | 5,46 | 5,01 | 4,46 |
| 5,03 |
| 5,04 | 16 | 5,46 | 5,07 | 4,43 |
| 5,09 |
| 5,10 | 7 | 2,39 | 5,13 | 2,65 |
| 5,15 |
| 5,16 | 1 | 0,34 | 5,19 | 0,95 |
| 5,21 |
| 5,22 | 2 | 0,68 | 5,24 | 0,24 |
| 5,26 |

Примеры расчетов:

*Примечание: для расчетов, выполняемых многократно, указан пример вычисления для n=1.*

<t>n ===5,03c

t1 - <t>n =4,86 – 5,03 = -0,17c

= = 0,0303

= ==0,084с

=0,084\*0,084=0,007

/NΔt = = 1,71

= = = 4,74

t1 = ==4,89с

) = )=0,99

= 33/50 = 0,66

= 47/50 = 0,94

= 50/50 = 1

# Расчет погрешностей измерений (*для прямых и косвенных измерений*).

Таблица 3: Расчет погрешностей измерений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Интервал с | | ΔN | ΔN/N | P |
|  | от | до |
| ⟨𝑡⟩𝑁 ± 𝜎n | 4,95 | 5,12 | 33 | 0,66 | 0,68 |
| ⟨𝑡⟩𝑁 ± 2𝜎n | 4,87 | 5,20 | 47 | 0,94 | 0,95 |
| ⟨𝑡⟩𝑁 ± 3𝜎n | 4,78 | 5,29 | 50 | 1,00 | 1,00 |

СКО:

𝜎⟨𝑡⟩ = ==0,012с

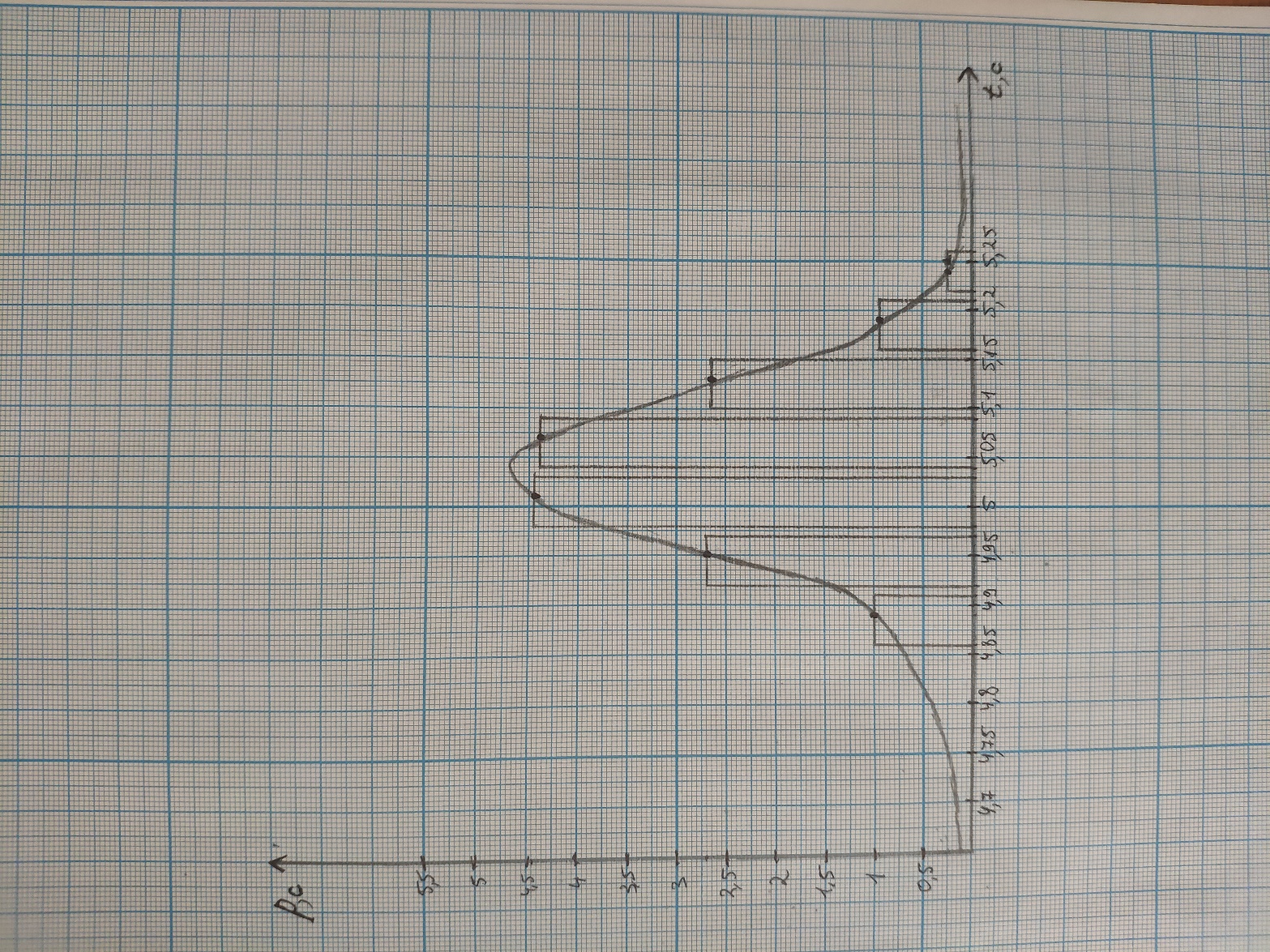
Коэффициент Стьюдента:

= =2,01(табличное значение)

Доверительный интервал случайной погрешности:

= · 𝜎⟨𝑡⟩=2,01 \* 0,012 = 0,024с

# График



# Окончательные результаты.

Рассмотрим полученные значения вероятностей попадания точек в стандартные интервалы ,,. Все три значения указывают на схожесть полученного распределения с нормальным: 0,660,68; 0,940,954; 1,00,997.

# Выводы и анализ результатов работы.

Сравнив гистограмму и график функции Гаусса, а также сравнив вероятность попадания измеряемой величины в ;; с стандартными значениями для функции Гаусса, можно понять, что полученное распределение данной случайной величины подчиняется закону нормального распределения, но из-за неточностей гистограмма немного отклоняется от графика функции Гаусса.

Неточности в гистограмме вызваны “*промахами”*: анализируя результаты, я понял, что при измерении возникало 3 различных случая. В первом я концентрировался и старался получать значение, максимально близкое к 5 секундам. Во втором я случайным образом начинал отсчет времени чуть раньше, чем нужно. В третьем, соответственно, чуть позже, чем нужно. Из-за 1 случая возникает повышение плотности в “середине” гистограммы. Из-за второго случая оно возникает в “левом конце”, а из-за третьего – в “правом конце”.