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

****

**УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ФТФ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Группа** | Р3121 | | | **К работе допущен** | |  | |
| **Студент** | |  | | **Работа выполнена** | | |  |
| **Преподаватель Смирнов А.В.** | | | | **Отчет принят** | | | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**Рабочий протокол и отчет по**

**лабораторной работе №1.01**

Исследование распределения случайной величины

1. **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.

1. **Задачи**, **решаемые при выполнении работы**.
2. Провести 50 измерений, устанавливая промежуток времени в 5с. Результат каждого измерения заносить во второй столбец Табл. 1;
3. 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 – 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.

1. По данным Табл. 1 вычислим выборочное значение среднего ⟨𝑡⟩𝑁 и выборочное среднеквадратичное отклонение 𝜎𝑁;
2. Запишем результат «в подвал» Табл.1;
3. По формуле (5) вычислите максимальное значение плотности распределения 𝜌𝑚𝑎𝑥, соответствующее 𝑡 = ⟨𝑡⟩, занесите его в «подвал» Табл. 1;
4. 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;
5. Проверим, насколько точно выполняется в наших опытах соотношение между вероятностями и долями . Для этого вычислим границы интервалов для найденных вами значений ⟨𝑡⟩𝑁 и 𝜎𝑁, занесем их во второй и третий столбцы Табл. 3;
6. По данным Табл. 1 подсчитаем и занесем в Табл. 3 количество ∆𝑁 измерений, попадающих в каждый из этих интервалов, и отношение этого количества к общему числу измерений. Сравним их с соответствующими нормальному распределению значениями 𝑃 вероятности;
7. Рассчитаем среднеквадратичное отклонение среднего значения;
8. Найдем табличное значение коэффициента Стьюдента 𝑡𝛼,𝑁 для доверительной вероятности 𝛼 = 0,95. Запишем доверительный интервал для измеряемого в работе промежутка времени.
9. **Объект исследования**.

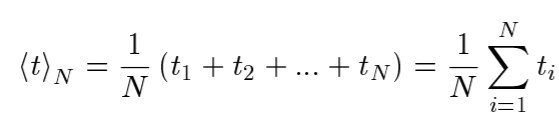
Промежуток времени в размере 5 секунд.

1. **Метод экспериментального исследования**.

Стрелочным секундомером задаётся интервал времени, который многократно измеряется цифровым секундомером.

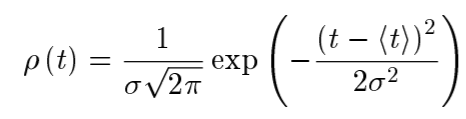
1. **Рабочие формулы и исходные данные**.

1)



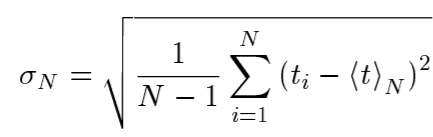
<𝑡>𝑁 - выборочное среднее;

2)



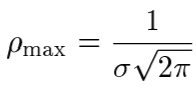
𝜌(𝑡) - плотность вероятности или закон распределения исследуемой величины;

3)



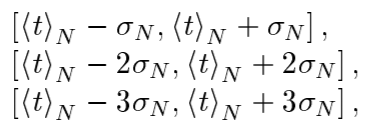
𝜎𝑁 - выборочное среднеквадратичное отклонение;

4)



𝜌𝑚𝑎𝑥 – максимальная высота гистограммы;

5)

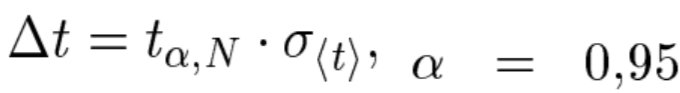


P - вероятность попадания результата каждого измерения в интервал [𝑡1; 𝑡2]

6)

𝜎 - среднеквадратичное отклонение среднего значения

7)



𝑡𝛼,𝑁 – коэффициент Стьюдента

𝛼 - доверительная вероятность

1. **Измерительные приборы**.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| ***№ п****/****п*** | ***Наименование*** | ***Тип прибора*** | ***Используемый*** | ***Погрешность*** |
| ***диапазон*** | ***прибора*** |
|  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| *1* | Секундомер | Механический | 5 с | +/- 0,1 с |
|  |  |  |  |  |
| *2* | Секундомер | Электронный | 5 с | +/- (9.6\*10-6\*Tx+0.01) |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

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

**Таблица 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | ti, с | ti − ⟨t⟩N, с | (ti − ⟨t⟩N)2, с2 |
| 1 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 2 | 5,22 | 0,2656 | 0,0705434 |
| 3 | 4,87 | -0,0844 | 0,0071234 |
| 4 | 4,84 | -0,1144 | 0,0130874 |
| 5 | 4,91 | -0,0444 | 0,0019714 |
| 6 | 4,91 | -0,0444 | 0,0019714 |
| 7 | 4,79 | -0,1644 | 0,0270274 |
| 8 | 4,85 | -0,1044 | 0,0108994 |
| 9 | 4,91 | -0,0444 | 0,0019714 |
| 10 | 5,13 | 0,1756 | 0,0308354 |
| 11 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 12 | 4,78 | -0,1744 | 0,0304154 |
| 13 | 4,88 | -0,0744 | 0,0055354 |
| 14 | 4,88 | -0,0744 | 0,0055354 |
| 15 | 4,9 | -0,0544 | 0,0029594 |
| 16 | 4,87 | -0,0844 | 0,0071234 |
| 17 | 5,09 | 0,1356 | 0,0183874 |
| 18 | 4,5 | -0,4544 | 0,2064794 |
| 19 | 4,72 | -0,2344 | 0,0549434 |
| 20 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 21 | 5,13 | 0,1756 | 0,0308354 |
| 22 | 4,71 | -0,2444 | 0,0597314 |
| 23 | 5,1 | 0,1456 | 0,0211994 |
| 24 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 25 | 5,13 | 0,1756 | 0,0308354 |
| 26 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 27 | 4,94 | -0,0144 | 0,0002074 |
| 28 | 4,81 | -0,1444 | 0,0208514 |
| 29 | 5,09 | 0,1356 | 0,0183874 |
| 30 | 4,88 | -0,0744 | 0,0055354 |
| 31 | 5,13 | 0,1756 | 0,0308354 |
| 32 | 5,09 | 0,1356 | 0,0183874 |
| 33 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 34 | 5,03 | 0,0756 | 0,0057154 |
| 35 | 5,03 | 0,0756 | 0,0057154 |
| 36 | 5 | 0,0456 | 0,0020794 |
| 37 | 5,06 | 0,1056 | 0,0111514 |
| 38 | 5,04 | 0,0856 | 0,0073274 |
| 39 | 4,81 | -0,1444 | 0,0208514 |
| 40 | 5,06 | 0,1056 | 0,0111514 |
| 41 | 4,84 | -0,1144 | 0,0130874 |
| 42 | 5,06 | 0,1056 | 0,0111514 |
| 43 | 4,97 | 0,0156 | 0,0002434 |
| 44 | 4,91 | -0,0444 | 0,0019714 |
| 45 | 5 | 0,0456 | 0,0020794 |
| 46 | 5,03 | 0,0756 | 0,0057154 |
| 47 | 4,87 | -0,0844 | 0,0071234 |
| 48 | 5,1 | 0,1456 | 0,0211994 |
| 49 | 5,03 | 0,0756 | 0,0057154 |
| 50 | 5 | 0,0456 | 0,0020794 |
|  | ⟨𝑡⟩𝑁 = 4,9544 | =1,15463E-14 | 𝜎N = 0,133204768 c  𝜌𝑚𝑎𝑥 = 2,99495496 c-1 |

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

Таблица 2

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

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Границы интервалов, c | ΔN | , c-1 | t, c | ρ, c-1 |
| 4,71 | 4 | 1,14 | 4,745 | 0,870720627 |
| 4,78 |
| 4,79 | 6 | 1,71 | 4,825 | 1,86887773 |
| 4,86 |
| 4,87 | 12 | 3,43 | 4,905 | 2,796629822 |
| 4,94 |
| 4,95 | 10 | 2,86 | 4,985 | 2,917703255 |
| 5,02 |
| 5,03 | 13 | 3,71 | 5,065 | 2,122263451 |
| 5,1 |
| 5,11 | 4 | 1,14 | 5,145 | 1,076240943 |
| 5,18 |
| 5,19 | 1 | 0,29 | 5,225 | 0,380514985 |
| 5,26 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Интервал, с | | ΔN |  | P |
|  | от | до |  |  |  |
| ⟨𝑡⟩N ± 𝜎N | 4,8211952 | 5,087604768 | 33 | 0,66 | 0,683 |
| ⟨𝑡⟩N ± 2𝜎N | 4,6879905 | 5,220809536 | 48 | 0,96 | 0,954 |
| ⟨𝑡⟩N ± 3𝜎N | 4,5547857 | 5,354014304 | 50 | 1 | 0,997 |

1. **Графики** (***перечень графиков****,* ***которые составляют Приложение*** *1*).
2. **Выводы и анализ результатов работы**.

Так как в данном эксперименте большую роль играл человеческий фактор и неконтролируемые факторы (два человека, не используя никаких приспособлений, вручную нажимают на кнопки секундомеров), то гистограмма и кривая имеют отличия с нормальным распределением Гаусса. Также сказывается малое число измерений.(большее количество дало бы более точный результат). Однако, можно заметить, что они имеют похожую динамику.

1. **Дополнительные задания**.
2. **Выполнение дополнительных заданий**.
3. **Замечания преподавателя** (***исправления****,* ***вызванные замечаниями* *преподавателя****,* ***также помещают в этот пункт***).

***Примечание:*** 1. ***Пункты*** *1-13* ***Протокола****-****отчета*** ***обязательны для заполнения****.*

1. ***Необходимые исправления выполняют непосредственно в протоколе****-****отчете****.*
2. ***Для построения графиков используют только миллиметровую бумагу****.*
3. ***Приложения*** *1* ***и*** *2* ***вкладывают в бланк протокола****-****отчета****.*

4