Отчет о выполнении лабораторной работы 1.1.4

Измерение интенсивности радиационного фона

Выполнили: студенты 1 курса ФРТК

Данила Бежко и Зажигина Елизавета

816 группа

Руководитель: Жотиков Вадим Геннадьевич

МФТИ, 2018

**Цель работы:** применение методов обработки экспериментальных данных для изучения статистических закономерностей при измерении интенсивности радиационного фона.

**Оборудование:** счетчик Гейгера-Мюллера (СТС-6), блок питания, компьютер с интерфейсом связи со счетчиком.

**Теоретическая подготовка**

В данной работе мы сталкиваемся с космическими лучами, которые составляют значительную часть радиационного фона. Поток частиц изменяется со временем случайным образом. Если изменения происходят около одного какого-либо значения, то величина флуктуирует. Характеристикой такой величины становится среднее ее значение и среднеквадратичное отклонение от этого среднего. Для нахождения среднего значения и среднеквадратичного отклонения применяются те же методы, которые используются при расчете средних значений и случайных погрешностей.

Обнаружить космические лучи и измерить их интенсивность можно по ионизации, которую они производят. Для этого используется специальный прибор – счетчик Гейгера-Мюллера. Он представляет собой наполненный газом сосуд с двумя электродами. Используемый в данной работе (СТС-6) представляет собой тонкостенный металлический цилиндр, который является катодом. Анодом является тонкая нить, натянутая вдоль оси цилиндра.

Частицы ионизируют газ в счетчике, вызывая в нем разряд, который, в свою очередь, приводит на некоторое время к движению тока в цепи и попаданию заряда с конденсатора C2 на датчик компьютера.

C2

R

Блок питания

С1

+

Компьютер

Счетчик

-

**Ход работы**

1. Проводим демонстрационный эксперимент, запустив программу. Убеждаемся, что при увеличении числа измерений:
   1. Измеряема величина флуктуирует;
   2. Флуктуации среднего значения измеряемой величины уменьшаются, с реднее значение выходит на постоянную величину;
   3. Флуктуации величины погрешности отдельного измерения уменьшаются;
   4. Флуктуации величины погрешности среднего значения уменьшаются, а сама величина убывает.
2. Запускаем основной эксперимент. Измерим плотность потока космического излучения за 10 с. Проведем обработку данных (таблицы 1 и 2). Таблица 1

**Число срабатываний счетчика за 20 с**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 0 | 24 | 24 | 20 | 24 | 31 | 23 | 33 | 26 | 36 | 33 |
| 10 | 32 | 22 | 28 | 29 | 24 | 26 | 26 | 18 | 33 | 30 |
| 20 | 34 | 21 | 29 | 24 | 31 | 34 | 33 | 20 | 23 | 30 |
| 30 | 23 | 26 | 25 | 26 | 22 | 26 | 22 | 31 | 33 | 29 |
| 40 | 36 | 23 | 24 | 23 | 27 | 20 | 31 | 28 | 26 | 23 |
| 50 | 25 | 16 | 32 | 30 | 23 | 30 | 26 | 29 | 27 | 23 |
| 60 | 30 | 34 | 22 | 23 | 23 | 20 | 36 | 31 | 30 | 24 |
| 70 | 35 | 31 | 27 | 22 | 24 | 20 | 22 | 20 | 30 | 25 |
| 80 | 27 | 30 | 34 | 37 | 25 | 30 | 34 | 21 | 22 | 15 |
| 90 | 35 | 26 | 24 | 28 | 25 | 30 | 34 | 21 | 22 | 15 |
| 100 | 37 | 23 | 26 | 23 | 31 | 25 | 36 | 26 | 22 | 28 |
| 110 | 26 | 31 | 20 | 28 | 31 | 28 | 32 | 20 | 27 | 24 |
| 120 | 26 | 27 | 30 | 23 | 29 | 27 | 27 | 26 | 23 | 27 |
| 130 | 30 | 28 | 27 | 25 | 24 | 38 | 21 | 28 | 29 | 38 |
| 140 | 24 | 29 | 17 | 25 | 21 | 22 | 31 | 21 | 26 | 39 |
| 150 | 22 | 23 | 29 | 22 | 24 | 33 | 26 | 23 | 22 | 17 |
| 160 | 29 | 21 | 17 | 13 | 26 | 24 | 25 | 20 | 27 | 31 |
| 170 | 38 | 27 | 19 | 25 | 22 | 28 | 22 | 26 | 28 | 31 |
| 180 | 31 | 26 | 21 | 31 | 35 | 21 | 32 | 16 | 28 | 32 |
| 190 | 20 | 29 | 32 | 29 | 32 | 25 | 29 | 34 | 32 | 31 |

1. Разобьем результаты измерений из таблицы 1 в порядке их получения на группы по 2, что соответсвует проведению N2=100 измерений числа частиц за интревал времени, равный 40 с. Результат отразим в таб 3. Таблица 2

**Данные для построения гистограммы распределения числа срабатываний счетчика за 10 с**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Число случаев | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Доля случаев | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Число случаев | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 6 | 3 | 8 | 10 | 9 | 5 |
| Доля случаев | 0 | 0 | 0.02 | 0.01 | 0 | 0.01 | 0 | 0.06 | 0.03 | 0.08 | 0.1 | 0.09 | 0.05 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 |
| Число случаев | 9 | 4 | 3 | 4 | 10 | 6 | 2 | 5 | 6 | 2 | 3 | 1 | 0 |
| Доля случаев | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.04 | 0.01 | 0.06 | 0.02 | 0.05 | 0.06 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | 0 |

Таблица 3

**Число срабатываний счетчика за 40 с**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ опыта** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** |
| **0** | 48 | 44 | 54 | 59 | 69 | 60 | 49 | 56 | 62 | 50 |
| **10** | 54 | 57 | 50 | 44 | 63 | 57 | 48 | 59 | 52 | 51 |
| **20** | 55 | 53 | 65 | 53 | 53 | 53 | 53 | 56 | 53 | 50 |
| **30** | 49 | 51 | 48 | 53 | 62 | 58 | 52 | 62 | 49 | 67 |
| **40** | 59 | 47 | 47 | 59 | 49 | 53 | 42 | 43 | 52 | 65 |
| **50** | 41 | 62 | 53 | 55 | 50 | 45 | 51 | 57 | 49 | 39 |
| **60** | 64 | 45 | 43 | 67 | 54 | 50 | 30 | 50 | 45 | 58 |
| **70** | 66 | 49 | 44 | 42 | 55 | 65 | 44 | 50 | 48 | 59 |
| **80** | 57 | 71 | 55 | 55 | 37 | 57 | 52 | 56 | 48 | 60 |
| **90** | 61 | 52 | 55 | 55 | 37 | 49 | 61 | 57 | 63 | 63 |

1. Преобразуем таблицу 3 для наглядности в таблицу, удобную для построения гистограммы (таблица 4). Гистрограммы среднего числа отсчетов за 10 и 40 с строим на одном графике (рис. 2), увеличив для второго распределения цену деления по оси абсцисс в 4 раза, чтобы полодения максимумов совпали. Таблица 4

**Данные для построения гистограммы расчпределения числа срабатываний счетчика за 40 с**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |
| Число случаев | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 | 0 | 2 | 5 |
| Доля случаев | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0 | 0,02 | 0.05 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| Число случаев | 7 | 7 | 3 | 5 | 9 | 3 | 7 | 3 | 6 | 2 | 5 | 2 |
| Доля случаев | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 0,05 | 0,09 | 0,03 | 0,07 | 0,03 | 0,06 | 0,02 | 0,05 | 0,02 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число импульсов | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 |
| Число случаев | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| Доля случаев | 0,02 | 0,04 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 |

1. Определяем среднее число срабатываний счетчика за 10 с:

1. Найдем среднеквадратичную ошибку отдельного измерения по формуле:

Рис. 2 Гистограммы для t = 10 c и t = 40 c

1. Убедимся в справедливости формулы, сравнив ее со значением, полученным в предыдущей формуле:

;

1. Определим долю случаев, когда отклонения среднего значения не первышают , , и сравним с теоретическими оценками (таблица 5).

Таблица 5

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ошибка | Число случаев | Доля случаев, % | Теоретическая оценка |
| ± = ±5,05 | 68 | 68 | 69 |
| ± =± 10,1 | 96 | 96 | 95 |

1. Определим среднее число импульсов счетчика за 40 с:

Найдем среднеквадратичную ощиюку отдельного измерения:

1. Убедимся в справедливости формулы, сравнив ее со значением, полученным в предыдущей формуле:

*;*

Сравним среднеквадратичные ошибки отдельных измернеий для двух распределений: = , = , . Видно, что хотя абсолютное значение во втором распределении больше, чем в первом (7,51>5,05), относительная полуширина второго распределения меньше:

*14%*

1. Определим стандартную ошибку величины и относительную ошибку нахождения

Найдем относительную ошибку по первому равенству:

*0,945%*

По последнему равенству:

1. Окончательный результат:

*26,7±0,3*

1. Определим стандартную ошибку для величины и относительную ошибку нахождения для N2 = 100 измерений по 40 с. По формуле

Относительная ошибка по первому равенству:

По второму равенству:

*=1,37%*

Окончательный результат:   
*±0,75*

**Практический вывод:** была проведена работа по исследованию потока заряженных частиц. В ходе работы было выяснено:

1. Количество проходящих заряженных частиц за единицу времени флуктуирует;
2. Флуктуации величины погрешности среднего значения уменьшаются, а сама величина убывает;
3. Стандартная ошибка отдельного измерения действительно близка к среднеквадратичной ошибке;
4. Относительная и стандартная ошибка среднего измерения почти не зависит от группировки