

Работа 1.1.4  
Измерение интенсивности радиационного  
фона

Устюжанина Мария Алексеевна

Сентябрь 2021

## **Аннотация**

### **Тема**

Измерение интенсивности радиационного фона.

### **Цель работы**

Применение методов обработки экспериментальных данных для изучения закономерностей при измерении интенсивности радиоактивного фона.

### **Оборудование**

Счетчик Гейгера-Мюллера(СТС-6), блок питания, компьютер с интерфейсом связи с счетчиком.

### **Измеряемые параметры**

Число зарегистрированных частиц.

### **Методы обработки полученных измерений**

Гистограммы, таблицы

## **Теоретические сведения**

Обнаружить космические лучи, составляющие значительную часть радиационного фона, и измерить их интенсивность можно по ионизации, которую они производят. Для этого используется счетчик Гейгера-Мюллера. Он представляет собой наполненный газом сосуд с двумя электродами. Существует несколько типов таких счетчиков.

В работе используется СТС-6. Данный счетчик представляет собой тонкостенный металлический цилиндр, наполненный газом (который является катодом), с тонкой нитью-анодом, натянутой вдоль оси. Для работы счетчика на электроны подают напряжение 400В.

Частицы космических лучей ионизируют газ и выбивают электроны. В результате взаимодействий между частицами образуется лавина электронов и ток через счетчик резко увеличивается. Во время разряда

Число зарегистрированных частиц зависит от времени измерения, размеров счетчика, материала стенок, состава газа и давления в нем.

Значительную часть зарегистрированных частиц составляет естественный радиоактивный фон.

Погрешности измерений потока частиц с помощью счетчика Гейгера-Мюллера малы по сравнению с изменением самого потока, и определяются в основном временем, в течение которого восстанавливаются нормальные условия после прохождения каждой частицы и срабатывания счетчика (временем разрешения).

## Результаты измерений и обработка данных

1. Измеряем плотность потока космического излучения за 20 секунд. Обработанный компьютером результат представлен в таблице 1.
2. Разбив результат из таблицы 1 в порядке их получения на группы по 2, что будет соответствовать произведению  $N_2 = 100$  измерений число частиц за 40 секунд. Результаты приведены в таблице 2.
3. Данные для построения гистограмм распределения числа срабатываний счетчика за 10 секунд и за 40 секунд представлены в таблицах 3 и 4 соответственно.
4. Гистограммы распределений среднего числа отсчетов за 10 и 40 секунд приведена на рисунке 1.
5. Используя формул:

$$\overline{n_1} = \frac{1}{N_1} \cdot \sum_{i=1}^{N_1} n_i$$

$$\overline{n_2} = \frac{1}{N_2} \cdot \sum_{i=1}^{N_2} n_i$$

Найдем среднее число срабатываний счетчика за 10 и 40 секунд соответственно, взяв данные из таблицы 1:

$$\overline{n_1} = \frac{4514}{400} = 11,29$$

$$\overline{n_2} = \frac{4374}{100} = 43,74$$

6. Вычислим среднеквадратичные ошибки отдельных измерений:

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{N_1} \cdot \sum_{i=1}^{N_1} (n_i - \bar{n}_1)^2} = \sqrt{\frac{4545,52}{400}} \approx 3,37$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{1}{N_2} \cdot \sum_{i=1}^{N_2} (n_i - \bar{n}_2)^2} = \sqrt{\frac{4193,76}{100}} \approx 6,48$$

7. Проверим справедливость формул:

$$\sigma_1 \approx \sqrt{\bar{n}_1} \approx \sqrt{11,29} \approx 3,36$$

$$\sigma_2 \approx \sqrt{\bar{n}_2} \approx \sqrt{43,74} \approx 6,61$$

8. Определим стандартную ошибку величины  $\bar{n}_1, \bar{n}_2$  и относительную ошибку нахождения  $\bar{n}_1$  и  $\bar{n}_2$  по формулам:

$$\sigma_{\bar{n}_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{N_1}} = \frac{3,37}{400} \approx 0,1685$$

$$\sigma_{\bar{n}_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{N_2}} = \frac{6,48}{100} \approx 0,648$$

$$\varepsilon_{\bar{n}_1} = \frac{\sigma_{\bar{n}_1}}{\bar{n}_1} \cdot 100\% = \frac{0,1685}{11,29} \cdot 100\% \approx 1,49\%$$

$$\varepsilon_{\bar{n}_2} = \frac{\sigma_{\bar{n}_2}}{\bar{n}_2} \cdot 100\% = \frac{0,648}{43,74} \cdot 100\% \approx 1,48\%$$

9. Найдем относительную ошибку через равенство:

$$\varepsilon_{\bar{n}_1} = \frac{100\%}{\sqrt{\bar{n}_1 \cdot N_1}} = \frac{100\%}{\sqrt{11,29 \cdot 400}} \approx 1,49\%$$

$$\varepsilon_{\bar{n}_2} = \frac{100\%}{\sqrt{\bar{n}_2 \cdot N_2}} = \frac{100\%}{\sqrt{43,74 \cdot 100}} \approx 1,51\%$$

10. Окончательный результат:

$$n_{t=10c} = \overline{n_1} \pm \sigma_{\overline{n_1}} = 11,29 \pm 0,17$$

$$n_{t=40c} = \overline{n_2} \pm \sigma_{\overline{n_2}} = 43,74 \pm 0,65$$

11. Все результаты занесем в таблицу 5.

12. Сравним среднеквадратичные ошибки отдельных измерений для двух распределений  $\overline{n_1} = 11,29$ ;  $\sigma_1 = 3,37$  и  $\overline{n_2} = 43,74$ ;  $\sigma_2 = 6,48$ . Легко заметить, что хотя абсолютное значение  $\sigma$  во втором распределении больше, чем в первом, относительная погрешность второго распределения меньше:

$$\frac{\sigma_1}{\overline{n_1}} \cdot 100\% = \frac{3,37}{11,29} \approx 29,8\%$$

$$\frac{\sigma_2}{\overline{n_2}} \cdot 100\% = \frac{6,48}{43,74} \approx 14,8\%$$

Это также следует из рисунка 1 и 2.

**Таблица 1. Число срабатываний счетчика за 20 секунд**

**Таблица 2. Число срабатываний счетчика за 40 секунд**

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	41	50	48	45	47	46	40	48	42	48
10	24	46	40	53	48	40	49	47	35	45
20	45	52	47	50	43	39	40	45	49	38
30	45	65	35	52	45	52	27	53	49	50
40	45	58	50	41	58	27	49	42	33	38
50	45	47	50	43	40	48	46	51	37	35
60	48	49	54	43	48	54	37	43	37	46
70	48	44	42	34	43	44	40	42	38	42
80	38	38	36	47	56	47	53	38	35	39
90	54	58	50	52	33	46	32	53	51	45

Таблица 3.

Таблица 4. Данные для гистограммы  $t = 40$  секунд

Число импульсов	27	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
Число случаев	2	1	2	1	4	1	3	6	2	6	2
Доля случаев	0,02	0,01	0,02	0,01	0,04	0,01	0,03	0,06	0,02	0,06	0,02
Число импульсов	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Число случаев	5	5	2	9	5	6	8	5	6	2	4
Доля случаев	0,05	0,05	0,02	0,09	0,05	0,06	0,08	0,05	0,06	0,02	0,04
Число импульсов	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
Число случаев	4	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0
Доля случаев	0,04	0,03	0	0,01	0	0,03	0	0	0	0	0

Таблица 5. Ошибки и средние значения

	$\bar{n}$	$\sigma$ среднекв.	$\sigma$ пример.	$\sigma_{\bar{n}}; \sigma$ станд.
1	11,29	3,37	3,36	0,1685
2	43,74	6,48	6,61	0,648

Рисунок 1. Гистограмма за 10с

Рисунок 2. Гистограмма за 40с