

Отчет о выполнении лабораторной работы 1.1.4

Измерение интенсивности радиационного фона.

1. Аннотация

В работе измеряется интенсивность радиационного фона и применяются методы обработки экспериментальных данных для изучения статистических закономерностей.

2. В работе используется

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

3. Теоретическая справка о природе космических лучей.

Космические лучи разделяются на первичные, которые приходят из глубин Земли из космоса, и вторичные, которые возникают благодаря взаимодействию первичных с атмосферой Земли. Составляют основную часть лучей, доходящих до поверхности Земли. Меньшая часть лучей связана с активностью Солнца. Большая же связана со всплесками сверхновых звезд.

Первичные лучи - поток ~~низкоэнергетичных~~ частиц, имеющих большую кинетическую энергию, которая в привычных единицах измерения составляет $10^9 - 10^{21}$ эВ. Основная величина их характеризующая - интенсивность.

$$J_1 = \left[\frac{\text{число частиц}}{\text{см}^2 \cdot \text{ср} \cdot \text{с}} \right]$$

Интенсивность вторичных лучей характеризуется углом с вертикалью, который образует поток. При этом зависимость от состава атмосферы

$$J_2 \sim \cos^2(\varphi) \quad (\text{её температура, давление, магнитных полей})$$

величина

В основном первичные лучи состоят из протонов (130%) и ядер He (17%), а оставшиеся частицы - более тяжелые ядра и электроны.

4. Устройство счетчика Гейгера-Мюллера.

Счетчик представляет собой наполненный газом сосуд с двумя электродами, на которые подается постоянное напряжение. Частицы космических лучей ионизируют газ и возбуждают электроны из стенок сосуда. Возбужденные электроны ускоряются в электрическом поле и возбуждают вторичные излучения газа. В результате образуется лавина электронов, которую фиксирует счетчик.

5. Измерение интенсивности и обработка данных.

В течение 4000 секунд будем измерять мощность потока квантов 20 секунд. Результаты измерений приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 - Число сработавший счётчик за 20 секунд.

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	22	28	22	19	20	25	20	24	26	29
10	22	20	34	23	23	18	20	22	30	26
20	26	24	23	28	22	21	22	29	23	21
30	22	20	31	26	14	11	24	24	26	26
40	34	31	29	24	30	21	20	30	29	17
50	30	26	19	15	23	28	27	22	32	17
60	25	26	19	23	26	26	25	20	20	31
70	18	16	22	22	23	15	16	31	19	22
80	28	27	18	22	18	23	26	16	30	25
90	25	27	37	24	26	32	22	21	23	22
100	25	24	25	26	31	22	19	21	29	21
110	31	21	15	24	24	25	31	33	27	25
120	26	26	23	12	27	18	38	19	26	27
130	26	17	19	32	22	19	25	25	24	24
140	25	30	27	28	14	37	21	29	31	25
150	18	25	22	21	22	27	28	21	34	22
160	25	24	25	25	16	26	16	27	29	27
170	31	24	21	23	12	22	18	31	27	22
180	20	23	16	22	26	23	26	17	26	29
190	11	26	27	24	26	9	21	33	24	27

- Таблица составлена так, что, например, результаты 96 опыта лежат на пересечении строки "90" и столбца "6".

Таблица 2 - Число сработавший за 40 секунд

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	50	41	45	44	55	42	57	41	42	56
10	50	51	43	51	44	42	57	25	48	52
20	65	53	51	50	46	56	34	51	49	49
30	51	42	52	45	51	34	44	38	47	41
40	55	40	41	42	55	52	61	58	43	45
50	49	51	53	40	50	52	39	49	64	60
60	52	35	45	57	48	42	51	41	50	48
70	55	55	51	50	56	43	47	43	55	55
80	49	50	42	43	56	55	44	34	49	49
90	43	48	49	43	55	37	51	35	54	51

Таблица получена след. образом:
 Выбираем результаты измерений из таблицы 1 в порядке их получения из группы до 2, что соответствует проведению 100 измерений
 число раз за интервал 40 секунд.

Таблица 3 - Данные для гистограммы, $t=10(c)$

Число n_i интервалов	Число сигналов	Доля w_i сигналов
3	2	0,005
4	1	0,0025
5	8	0,02
6	12	0,03
7	20	0,05
8	30	0,075
9	33	0,0825
10	29	0,0725
11	53	0,1325
12	36	0,09
13	47	0,1175
14	40	0,1
15	26	0,065
16	22	0,055
17	13	0,0325
18	11	0,0275
19	5	0,0125
20	6	0,015
21	3	0,0075
22	3	0,0075

Таблица 4 - Данные для гистограммы, $t=40(c)$

Число n_i интервалов	Число сигналов	Доля w_i сигналов
25	1	0,01
34	3	0,03
35	2	0,02
37	1	0,01
38	1	0,01
39	1	0,01
40	3	0,03
41	5	0,05
42	7	0,07
43	7	0,07
44	3	0,03
45	4	0,04
46	1	0,01
47	2	0,02
48	4	0,04
49	8	0,08
50	7	0,07
51	10	0,10
52	6	0,06
53	2	0,02
54	1	0,01
55	9	0,09
56	4	0,04
57	3	0,03
58	1	0,01
60	1	0,01
61	1	0,01
64	1	0,01
65	1	0,01

Рисунок 1.



На рисунке 1 представлено распределение из таблицы 3 и 4. Зернистость - таблица 3, сумма - таблица 4. Переход соответствует числу осе n_i ; белый - белый.

6. Проверка погрешностей

Представим результаты погрешностей.

Используем формулу среднего значения, определим среднее число создаваемых ссылок $\bar{n}_1 \approx 10$ секунд.

$$\bar{n}_1 = \frac{1}{400} \sum_{i=1}^{400} n_i = 11,95$$

Найдем среднеквадратичную ошибку отдельного измерения.

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{1}{400} \sum_{i=1}^{400} (n_i - \bar{n}_1)^2} \approx 3,59$$

Убедимся в том, что $\sigma_1 \approx \sqrt{\bar{n}_1} \approx 3,46$

Определим долю случаев, когда отклонение от среднего значения не превышает σ_1 и $2\sigma_1$ и сравним с теоретическими оценками. Выразим это в таблице 5.

Ошибка	Число случаев	Доля случаев %	Теоретическая оценка
$\pm \sigma_1 = \pm 3,59$	294	73,5%	68%
$\pm 2\sigma_1 = \pm 7,18$	377	94,25%	95%

Таблица 5.

Теперь определим стандартную ошибку для величины \bar{n}_1 и относительную ошибку измерения \bar{n}_1 , где $N_1 = 100$ измерений по 40 секунд.

$$\bar{n}_2 = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} n_i = 47,97$$

Найдем среднеквадратичную ошибку отдельного измерения.

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{1}{100} \sum_{i=1}^{100} (n_i - \bar{n}_2)^2} \approx 7,01$$

Убедимся в том, что $\sigma_2 \approx \sqrt{\bar{n}_2} \approx 6,92$

~~Найдем стандартную ошибку для величины \bar{n}_2 и относительную ошибку измерения \bar{n}_2 , где $N_2 = 100$ измерений по 40 секунд.~~

7. Сравнение результатов.

Сравним среднеквадратичные ошибки отдельных измерений для двух распределений $\bar{n}_1 = 11,95$, $\sigma_1 = 3,59$ и $\bar{n}_2 = 47,97$, $\sigma_2 = 6,92$

Которые рассчитаны относительно погрешностей:

$$\varepsilon_1 = \frac{\sigma_1}{\bar{n}_1} \cdot 100\% \approx 30\%$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\sigma_2}{\bar{n}_2} \cdot 100\% \approx 14,42\%$$

Определим стандартные ошибки величин \bar{n}_1 и \bar{n}_2 :

$$\sigma_{\bar{n}_1} = \frac{\sigma_1}{\sqrt{400}} \approx 0,18$$

$$\sigma_{\bar{n}_2} = \frac{\sigma_2}{\sqrt{100}} \approx 0,7$$

Относительные погрешности отдельных измерений.

$$\varepsilon_{\sigma g_1} = \frac{\sigma \bar{n}_1}{\bar{n}_1} \approx 100\% \approx 1,5\%$$

$$\varepsilon_{\sigma g_2} = \frac{\sigma \bar{n}_2}{\bar{n}_2} \approx 100\% \approx 1,46\%$$

Средняя ошибка в определении среднего по всем измеренным значениям \bar{n}

$$\varepsilon_{\bar{n}_1} = \frac{100\%}{\sqrt{\bar{n}_1 \cdot 400}} \approx 1,45\%$$

$$\varepsilon_{\bar{n}_2} = \frac{100\%}{\sqrt{\bar{n}_2 \cdot 100}} \approx 1,44\% \approx \varepsilon_{\bar{n}_1}$$

8. Организационный результат

При времени Δ измерения 10 секунд

$$n_{\Delta=10c} = \bar{n}_1 \pm \sigma \bar{n}_1 = 11,95 \pm 0,18$$

При времени Δ измерения 40 секунд

$$n_{\Delta=40c} = \bar{n}_2 \pm \sigma \bar{n}_2 = 47,97 \pm 0,7$$

Вывод:

Оценка $\sigma \approx \sqrt{n}$ даёт заниженный результат, однако использовать её можно, если мы представим собой оценку всех погрешностей.