



Московский Физико-Технический Институт
(национальный исследовательский университет)

Отчет по эксперименту

Измерение интенсивности радиационного фона

Работа №1.1.4; дата: 06.09.21

Семестр: 1

Выполнил:
Кошелев Александр

Группа:
Б05-105

1. Аннотация

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

В работе используются: счетчик Гейгера-Мюллера (СТС-6), блок питания, компьютер с интерфейсом связи со счетчиком.

2. Теоретические сведения

Пусть n_i - число срабатываний за один интервал измерений, \bar{n} - среднее число срабатываний, N - общее количество срабатываний, k - индекс, причем для $\tau = 10$ с - 1, $\tau = 20$ с - 2, $\tau = 40$ с - 3. Для определения среднего числа срабатываний счетчика \bar{n}_k будем использовать формулу:

$$\bar{n}_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i \quad (1)$$

Среднеквадратичные ошибки отдельных измерений σ_k определим как:

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (n_i - \bar{n}_k)^2} \quad (2)$$

Приблизительную среднеквадратичную ошибку обозначим как $\tilde{\sigma}_k$. Она определяется формулой:

$$\tilde{\sigma}_k = \sqrt{\bar{n}_k} \quad (3)$$

Среднеквадратичную ошибку среднего $\sigma_{\bar{n}_k}$ вычислим по формуле:

$$\sigma_{\bar{n}_k} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N (n_i - \bar{n}_k)^2} \quad (4)$$

И, наконец, относительную ошибку измерений $\varepsilon_{\bar{n}_k}$ определим по формуле:

$$\varepsilon_{\bar{n}_k} = \frac{\sigma_{\bar{n}_k}}{\bar{n}_k} \cdot 100\% \quad (5)$$

3. Проведение измерений и обработка данных

3.1 Установка

Установка представляет собой компьютер с интерфейсом связи со счетчиком. Счетчик Гейгера-Мюллера регистрирует количество частиц, проходящих через него.

3.2 Качественный анализ полученных данных

3.2.1 На основе графика, измеряемая величина флуктуирует.

3.2.2 Вначале среднее значение измеряемой величины сильно флуктуирует, но позже приходит к постоянному значению.

3.2.3 Флуктуации величины погрешности отдельного измерения уменьшаются, а сама она приходит к постоянному значению.

3.2.4 Флуктуации величины погрешности среднего значения измеряемой величины уменьшаются, как и сама эта величина.

3.3 Данные со счетчика

Составим таблицу данных, выданных компьютером для $N_1 = 200$ и $\tau = 20$ с (Таблица 1).

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	21	24	24	26	25	25	32	19	19	25
10	14	21	26	30	23	25	22	18	28	20
20	26	22	30	25	29	27	28	23	16	27
30	24	22	33	19	26	19	24	30	25	31
40	26	21	22	14	26	26	27	32	31	22
50	30	32	23	22	18	29	19	20	19	17
60	16	19	31	31	25	21	23	29	20	25
70	37	23	30	29	26	19	17	21	23	23
80	23	16	31	29	29	21	15	26	24	21
90	15	26	23	18	36	24	19	19	15	28
100	28	23	19	27	8	17	15	33	29	24
110	24	19	24	20	25	22	17	21	19	25
120	27	24	28	20	24	30	25	16	20	20
130	22	20	32	22	18	22	20	19	30	22
140	27	19	27	18	22	29	32	23	28	24
150	17	28	33	23	19	20	20	29	31	27
160	21	15	30	32	21	25	20	11	26	20
170	20	32	28	20	21	24	21	19	20	17
180	27	16	28	27	16	30	24	21	26	32
190	39	25	16	21	15	20	25	26	16	25

Таблица 1. Число срабатываний счетчика при $\tau = 20$ с

Разобьем результаты таблицы 1 по двое, получим таблицу для $N_2 = 100$ и $\tau = 40$ с (Таблица 2):

№ опыта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	45	50	50	51	44	35	56	48	40	48
10	48	55	56	51	43	46	52	45	54	56
20	47	36	52	59	53	62	55	47	39	36
30	35	62	46	52	45	60	59	45	38	46
40	39	60	50	41	45	41	41	60	38	43
50	51	56	25	48	53	43	44	47	38	44
60	51	48	54	41	40	42	54	40	39	52
70	46	35	51	55	52	45	56	39	49	58
80	36	62	46	31	46	52	48	45	40	37
90	43	55	46	45	58	64	37	35	51	41

Таблица 2. Число срабатываний счетчика при $\tau = 40$ с

3.4 Построение гистограмм

Приведем данные для построения гистограмм при интервалах $\tau = 10$ с и $\tau = 40$ с (Таблицы 3, 4).

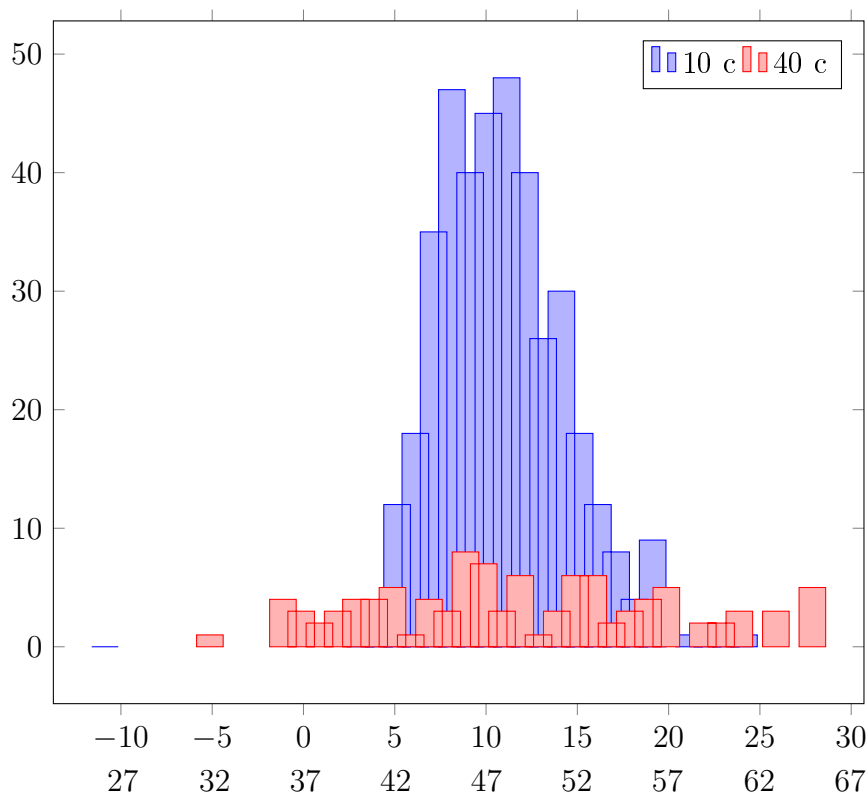
Число импульсов n_i	4	5	6	7	8	9	10
Число случаев	1	2	12	18	35	47	40
Доля случаев ω_i	0.0025	0.005	0.03	0.045	0.0875	0.1175	0.1
Число импульсов n_i	11	12	13	14	15	16	17
Число случаев	45	48	40	26	30	18	12
Доля случаев ω_i	0.1125	0.12	0.1	0.065	0.075	0.045	0.03
Число импульсов n_i	18	19	20	22	23	24	25
Число случаев	8	4	9	1	1	1	1
Доля случаев ω_i	0.02	0.01	0.0225	0.0025	0.0025	0.0025	0.0025

Таблица 3. Данные для построения гистограммы распределения числа срабатываний датчика при $\tau = 10$ с

Число импульсов n_i	31	35	36	37	38	39	40
Число случаев	1	4	3	2	3	4	4
Доля случаев ω_i	0.01	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04
Число импульсов n_i	41	42	43	44	45	46	47
Число случаев	5	1	4	3	8	7	3
Доля случаев ω_i	0.05	0.01	0.04	0.03	0.08	0.07	0.03
Число импульсов n_i	48	49	50	51	52	53	54
Число случаев	6	1	3	6	6	2	3
Доля случаев ω_i	0.06	0.01	0.03	0.06	0.06	0.02	0.03
Число импульсов n_i	55	56	58	59	60	62	64
Число случаев	4	5	2	2	3	3	5
Доля случаев ω_i	0.04	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05

Таблица 4. Данные для построения гистограммы распределения числа срабатываний датчика при $\tau = 40$ с

На основании полученных данных построим гистограммы:



3.5 Расчет средних значений и ошибок

Воспользуемся формулой (1) для расчета средних значений числа срабатываний, а также формулами (2-4) для ошибок. На их основе составим таблицу (Таблица 5).

k	\bar{n}_k	σ_k	$\tilde{\sigma}_k$	$\sigma_{\bar{n}_k}$	$\varepsilon_{\bar{n}_k}, \%$
1	11.77	3.47	3.43	0.17	1.4
2	23.47	5.18	4.84	0.37	1.6
3	46.99	7.83	6.85	0.78	1.7

Таблица 5. Ошибки и средние

Определим также долю случаев, когда отклонения не превышают σ_k и $2\sigma_k$, результат занесем в таблицу 6.

Среднее	Ошибка	Число случаев	Доля случаев, %	Теоретическая оценка, %
$\bar{n}_1 = 11.77$	$\pm\sigma_1 = 3.47$	276	69.0	68.0
	$\pm 2\sigma_1 = 6.94$	381	95.3	95.0
$\bar{n}_2 = 23.47$	$\pm\sigma_2 = 5.18$	133	66.5	68.0
	$\pm 2\sigma_2 = 10.36$	195	97.5	95.0
$\bar{n}_3 = 46.99$	$\pm\sigma_3 = 7.83$	78	78.0	68.0
	$\pm 2\sigma_3 = 15.66$	99	99.0	95.0

Таблица 6. Процент попадания точек в промежуток среднего значения

4. Итоги эксперимента

В ходе эксперимента были получены такие значения количества частиц, создающих радиационный фон:

$$n_1 = 11.77 \pm 0.17 \text{ при } \varepsilon_{n_1} = 1.4\%$$

$$n_2 = 23.47 \pm 0.37 \text{ при } \varepsilon_{n_2} = 1.6\%$$

$$n_3 = 46.99 \pm 0.78 \text{ при } \varepsilon_{n_3} = 1.7\%$$

В соответствии с данными таблицы 5, среднеквадратичная ошибка отдельного измерения близка к теоретической оценке \sqrt{n} . Таким образом, данная оценка в самом деле верна для случайных процессов.

На основании полученных гистограмм экспериментально подтверждено подчинение случайного процесса распределению Гаусса. Центральный пик гистограмм совпадает с полученным средним значением, общий контур по верхам пиков ложится на кривую Гаусса. Отдельно отметим, что доли случаев попадания количества срабатываний в σ и 2σ - окрестности среднего значения близки к теоретической оценке.

Разница между теоретическими оценками и экспериментальными результатами может быть обусловлена погрешностью метода (работа счетчика) и недостаточным количеством проведенных измерений. Притом относительная погрешность определенных величин удовлетворительна ($< 2\%$).