Работа 1.1.4
Измерение интенсивности радиационного фона

Балдин Виктор Б01-303

5 октября 2023 г.

1 Аннотация

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.

2 Теоретические сведения

В данной работе измеряется число частиц, проходящих через счетчик за 10 секунд, с помощью которого мы можем найти и количество за 40 секунд. Такие времена выбраны для того, чтобы продемонстрировать то, что при большем времени лучше выполняется нормальное распределение измеряемых величин и гистограмма более симметрична, чем при малых временах, когда при оработке лучше воспользоваться законом Пуассона.

Если случайные события, такие как регистрация частицы счётчиком, однородны во времени и являются независимыми, то результаты их измерений подчиняются распределению Пуассона. Теория вероятности гласит, что в таком случае среднеквадратичная ошибка числа отсчётов, измеренного за некоторый интервал времени, равна квадратному корню из среднего числа отсчётов за тот же интервал:

$$\sigma = \sqrt{n_0} \tag{1}$$

При проведении многочисленных опытов за n_0 принимается среднее арифметическое всех результатов $\overline{n}$, а стандартная отклонение $\overline{n}$ от n_0 может быть вычислена по формуле:

$$\sigma_{\overline{n}} = \frac{1}{N}\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(n_i - \overline{n})^2},$$

где N - количество измерений, n_i - результат i-того измерения. Относительная же погрешность составит:

$$\varepsilon_{\overline{n}} = \frac{1}{\sqrt{\overline{n}N}}.$$

Рассмотрим счетчик, регистрирующий частицы. Найдем вероятность того, что при плостности излучения ν счетчик сработает n раз за время измерения. Для простоты будем считать, что счетчик обладает единичной площадью.

Представим себе большое число совершенно одинаковых одновременно работающих счетчиков. Обозначим полное число счетчиков буквой N. Через них в секунду в среднем проходит $N\nu$ частиц, а за dt пройдет $N\nu dt$ частиц. Если dt достаточно мало, то за это время ни через один счетчик не пройдет двух частиц. Число счетчиков, через которые прошла частица равно $N\nu dt$, а их доля по отношению к общему числу счетчиков: $N\nu dt/N = \nu dt$. Вероятность того, что за время dt через счетчик пройдет частица, равна νdt.

Вычислим теперь вероятность $P_0(t)$ того, что за время t через счетсик не пройдет ни одной частицы. Количество таких счетчиков в момент t составляет $NP_0(t)$, а в момент времени $t + dt$ равно $NP_0(t + dt)$. Это число меньше, чем $NP_0(t)$, потому что за время dt их сисло убавится на $NP_0(t)\nu dt$. Поэтому:

$$NP_0(t + dt) = NP_0(t) - NP_0(t)\nu dt,$$

$$P_0(t + dt) = P_0(t) - P_0(t)\nu dt.$$

Разделиы это равенство на dt и переходя к пределу, получим

$$\frac{dP_0}{dt} = -\nu P_0$$

Интегрируя, найдем:

$$P_0(t) = e^{-\nu t} \tag{2}$$

Вычислим теперь $P_n(t+dt)$ – вероятность того, что за время $t+dt$ через счетчик пройдет ровно n частиц. число таких счетчиков $NP_n(t + dt)$ состоит из двух частей. Первая часть – счетчики через которые все частицы прошли за t – $NP_n(t)(1-\nu dt)$, а вторая – счетчики, через которые за время t прошло $n-1$ частиц, а последня последняя за время dt, их число: $NP_{n-1}(t)\nu dt$. Имеем, следовательно:

$$NP_n(t + dt) = NP_n(t)(1 - \nu dt) + NP_{n-1}(t)\nu dt.$$

Разделив на Ndt получаем:

$$\frac{dP_n}{dt} + \nu P_n = \nu P_{n-1}.$$

Применяя формулу полученную реккурентности, с помощью (2) найдем:

$$P_n = \frac{(\nu t)^n}{n!} e^{-\nu t}$$

Заметим теперь, что νt, которое мы обозначим через n_0, равно среднему числу частиц, проходящих через счетчик за время t. Формула примет вид:

$$P_n = \frac{n_0^n}{n!} e^{-\nu t} \tag{3}$$

3 Методика измерений

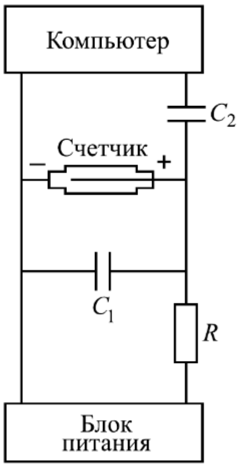

Рис. 1: Схема включения датчика

4 Используемое оборудование

5 Результаты измерений и обработка данных

6 Обсуждение результатов

7 Вывод