

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 25.09.2022 14:42:18  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Курский государственный технический университет»

Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор-  
Проректор по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Е.А. Кудряшов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2010 г.

**ИЗУЧЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ  
РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА  
ПРИ ПОМОЩИ СЧЁТЧИКА ГЕЙГЕРА-МЮЛЛЕРА**

Методические указания по выполнению лабораторной работы  
№ 77 по оптике для студентов инженерно-технических  
специальностей

УДК 681.7.069.

Составители Л.П. Петрова, В.Н. Бурмистров

Рецензент

Кандидат физико-математических наук, доцент *В.М. Пауков*

**Изучение статистических закономерностей радиоактивного распада при помощи счетчика Гейгера-Мюллера [Текст]:** методические указания по выполнению лабораторной работы по оптике № 77 для студентов инженерно-технических специальностей / Курск. гос. техн. ун-т; сост.: Л.П. Петрова, В.Н. Бурмистров. Курск, 2010. 7 с.: ил. 1, табл. 2. Библиогр.: с.7.

Экспериментально исследуются статические закономерности радиоактивного распада. Излагается метод построения гистограмм.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением для студентов инженерно-технических специальностей.

Предназначены для студентов инженерно-технических специальностей дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л. Уч.-изд.л. Тираж 100 экз. Заказ. Бесплатно.  
Курский государственный технический университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** ознакомиться со статистическими методами обработки данных, экспериментально проверить возможность применения распределения Пуассона для описания процессов радиоактивного распада.

**Оборудование:** пересчетное устройство, радиоактивный препарат, счетчик Гейгера-Мюллера.

### Теоретическое введение

В естествознании середины XIX века были сформулированы законы, предсказания которых являются не определенными, а только вероятными. Свое название эти законы получили от характера той информации, которая была использована для их формулировки. Вероятностными они назывались потому, что заключения, основанные на них, не следуют логически из имеющейся информации, а потому не являются достоверными и однозначными. Поскольку сама информация при этом носит статистический характер, часто такие законы называют также статистическими. Представления о закономерностях особого типа, в которых связи между величинами неоднозначны, впервые ввел Дж. Максвелл в 1859 г.

Многочисленные физические и химические опыты приводили к выводу, что в принципе невозможно не только проследить изменения импульса или положения одной молекулы на протяжении большого интервала времени, но и точно определить импульсы и координаты всех молекул газа в данный момент времени. Их следует рассматривать как случайные величины, которые в данных макроскопических условиях могут принимать различные значения, подобно тому, как при бросании игральной кости может выпасть любое число очков от 1 до 6. Предсказать, какое число очков выпадет при данном бросании кости, нельзя. Но вероятность выпадения, например, 5, можно подсчитать.

На фоне множества случайных событий обнаруживается определенная закономерность, выражаемая числом. Это число – вероятность события – позволяет определять статистические средние значения (сумма отдельных значений всех величин, деленная на их число). Так, если бросить кость 300 раз, то среднее число выпадения пятерки будет равно  $300 \cdot 1/6 = 50$  раз. Причем совершенно безразлично, бросать

одну и ту же кость или одновременно бросить 300 одинаковых костей.

Случайные величины могут быть дискретными, т.е. принимать конечное число значений и непрерывными.

Распределение вероятностей дискретных величин обычно изображается в виде ступенчатой диаграммы (гистограммы). Каждый столбик гистограммы определяет вероятность события, при котором случайная величина принимает значение в пределах от  $X$  до  $X + a$ , где  $a$  – ширина интервала гистограммы.

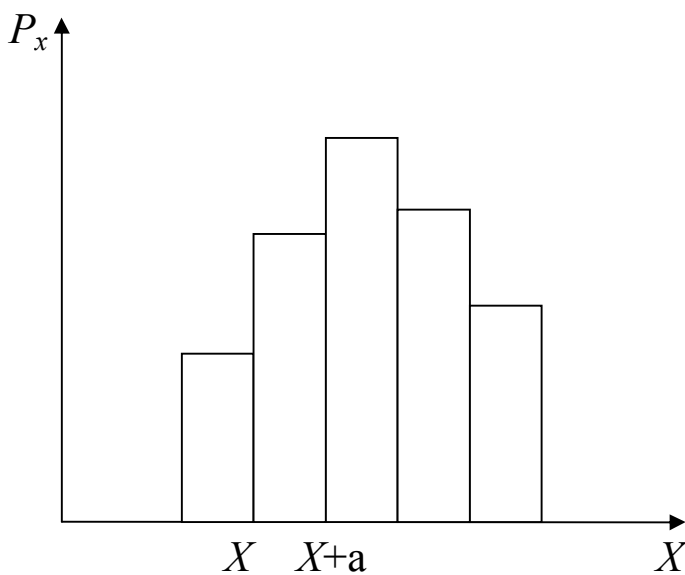


Рис 1. Гистограмма

Примерами статистических распределений непрерывно изменяющихся величин являются закон распределения Максвелла молекул идеального газа по скоростям, закон распределения Больцмана по концентрациям частиц в силовом поле. Сюда также можно отнести и закон изменения со временем числа ядер радиоактивного вещества.

Количество ядер  $dN$ , распадающихся за промежуток времени  $dt$ , пропорционально числу  $N$  не распавшихся ядер:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – характерная для радиоактивного вещества константа, называемая постоянной распада. Знак минус показывает, что общее число радиоактивных ядер в процессе распада убывает.

После интегрирования получим **закон радиоактивного распада**:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}, \quad (2)$$

где  $N_0$  – количество ядер в начальный момент времени,  $N$  – число не распавшихся ядер в момент времени  $t$ . Таким образом, число не распавшихся ядер убывает со временем по экспоненциальному закону.

Продолжительность жизни радиоактивных ядер принято характеризовать периодом полураспада, то есть промежутком времени, за который число радиоактивных ядер уменьшится вдвое. Тогда:

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T_{1/2}}, \text{ откуда } T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}. \quad (3)$$

Периоды полураспада для радиоактивных ядер колеблются от долей секунды до многих миллиардов лет.

Удобнее наблюдать число ядер, распавшихся к моменту  $t$ . Из (2) следует, что

$$N_{рас} = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}). \quad (4)$$

Наиболее вероятное число распадов за одно и то же время  $t$  постоянно убывает. Действительное количество распадов за одно время  $t$  практически всегда отличается от его наиболее вероятного значения  $N_{рас}$ . Если период полураспада велик,  $\lambda$  мала, то скорость убывания распада  $dN_{рас}/dt$  за конечные интервалы времени практически не меняется. Тогда отклонения количества распадов от наиболее вероятных их значений  $N_{рас}$  будут ощутимыми, а число распадов за равные последовательные промежутки времени  $t = t/n$  будет флуктуировать. Число распадов в каждом из этих промежутков предсказать нельзя, но для любого из них можно найти вероятность  $P(m)$  того, что в нём произойдет  $m$  распадов. Количество этих распадов за равные промежутки времени является дискретной случайной величиной, подчиняющейся распределению Пуассона:

$$P(m) = \frac{X^m}{m!} e^{-X}, \quad (5)$$

где  $X$  – параметр распределения или среднее арифметическое значение изменяющейся величины,  $e$  – основание натурального логарифма,  $m$  – текущее значение величины.

### Порядок выполнения работы:

1. Настроить счетчик на автоматический подсчет импульсов за 3-х сек. промежутки, нажав кнопки “сеть”, “3”, “N”. При этом через каждые 3 сек. подсчёт импульсов автоматически прекращается, а затем начинается вновь.

2. Произвести 50 измерений фона радиоактивного излучения и найти среднее число фоновых (без радиоактивного препарата)

$$\text{распадов } \langle m_{\phi} \rangle = \sum_{i=1}^{50} m_{i\phi} / 50.$$

3. Поместить радиоактивный препарат перед счетчиком и произвести  $n = 250$  измерений распадов по 3 сек. Для каждого найти величины  $m_n - \langle m_{\phi} \rangle = m_i$  и заполнить таблицу 1. При этом  $\langle m_{\phi} \rangle$  округлить до целого числа.

Таблица 1.

$n$	$m_n$	$m_i = m_n - \langle m_{\phi} \rangle$

4. Найти минимальное и максимальное значение  $m_i$ . Разбить область от  $m_{i\min}$  до  $m_{i\max}$  на подобласти. Затем подсчитать количество распадов в каждой подобласти и найти экспериментальную вероятность  $P_{\phi}(m_i)$ , для чего количество распадов из каждой подобласти необходимо разделить на общее число измерений, т.е. на 250. После этого заполнить таблицу 2.

Таблица 2.

подобласти	количество распадов	вероятность $P(m_i)$

5. Представить полученные результаты в виде гистограммы. Для этого построить график зависимости  $P_{\phi}(m_i)$  от  $m_{i\min}$  до  $m_{i\max}$ . Нанести на тот же график зависимость  $P(m)$ , рассчитанную по

формуле Пуассона (5), где  $X$  будет представлять собой среднее арифметическое значение всех значений  $m_i$ .

### **Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте основной закон радиоактивного распада. Что такое период полураспада?

2. Каким образом можно представить распределение вероятностей случайных величин? Что описывает формула Пуассона?

3. Какие существуют методы регистрации и наблюдения заряженных частиц?

4. Расскажите о способах защиты от излучения. Что такое дозиметрия? В чем заключается механизм физиологического действия излучения и меры безопасности при работе с радиоактивным излучением?

5. Расскажите о ядерных и термоядерных исследованиях в настоящее время.

6. Какие существуют модели атомов и ядер?

### **Библиографический список:**

1. **Широков Ю. М., Юдин Н. П.** Ядерная физика [Текст]: учеб. пособие / Ю. М. Широков, Н. П. Юдин; М.: Наука, 1980.

2. **Савельев И. В.** Курс общей физики т.3 [Текст]: учеб. пособие / И. В. Савельев; М.: Наука, 1989.

4. **Зисман Г. А., Тодес С. Ф.** Курс общей физики т.3 [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Зисман, С. Ф. Тодес; М.: Наука, 1972.