

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 16.06.2023 12:39:26

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники,  
общей и прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
«19» 06 2021г.

Методические указания по выполнению лабораторной работы для  
студентов направления подготовки 02.03.03 Математическое  
обеспечение и администрирования информационных систем.

Курск 2021

УДК 537

Составители: Л.И. Рослякова, А.Г.Беседин, Н.М. Игнатенко.

Рецензент

Кандидат физико-математических наук П.А.Красных

Методическое указание по выполнению лабораторной работ для студентов направления подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирование информационных систем / Юго-зап. гос. ун-т; сост.: Рослякова Л.И, Беседин А.Г., Игнатенко Н.М,- Курск, 2021.- 8 с.: ил.1, табл. 2.- Библиогр.: с.8.

Содержат теоретические введения, порядок выполнения и контрольные вопросы по лабораторной работе.

Методическое указание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС), учебному плану и рабочей программе дисциплины «Физика» студентов направления подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирования информационных систем.

Предназначена для студентов дневной формы обучения направления подготовки 02.03.03 Математическое обеспечение и администрирования информационных систем.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *19.04.21*      Формат 60 x 84 1/16.  
Усл. печ. л.5,8.      Уч.- изд. л. 0,63 .      Тираж 50 экз. Заказ *699*  
Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.  
305040, Курск, ул. 50 лет Октября, 94

## Лабораторная работа №77

### Изучение статистических закономерностей радиоактивного распада при помощи счетчика Гейгера-Мюллера

**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.

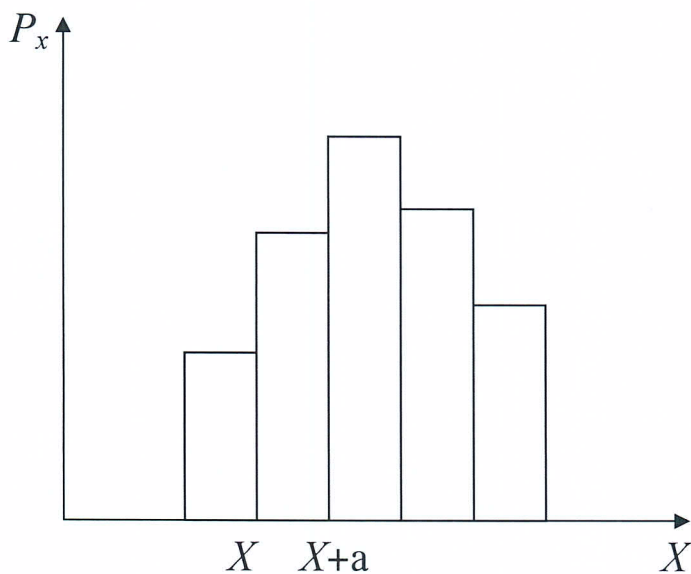


Рис 1. Гистограмма

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

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

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  $N_{pac}$ . Если период полураспада велик,  $\lambda$  мала, то скорость убывания распада  $dN_{pac}/dt$  за конечные интервалы времени практически не меняется. Тогда отклонения количества распадов от наиболее вероятных их значений  $N_{pac}$  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) 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?

## Список рекомендуемой литературы

### Основной

1. Савельев, И. В. Курс физики : учебное пособие. // И. В. Савельев. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2007. Т. 2: Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика. – 480 с. – Текст: непосредственный.
2. Трофимова, Т. И. Курс физики : учебное пособие / Т. И. Трофимова. - 21-е изд., стер. - Москва: Академия, 2015. - 560 с. – Текст: непосредственный.
3. Курбачев, Ю. Ф. Физика: [ Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. Ф. Курбачев. - Москва: Евразийский открытый институт, 2011. - 216 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=90773>. – Текст: электронный.
4. Барсуков, В. И. Физика: постоянный ток, электромагнетизм, волновая оптика : учебное пособие / В.И. Барсуков, О.С. Дмитриев, В.Е. Иванов, Ю.П. Ляшенко; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2014. – 104 с. - Режим доступа: по подписке. - URL: [https://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=277918](https://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=277918). –

Текст: электронный.

5. Кузнецов С.И. Курс лекций по физике. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Колебания и волны [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.И.Кузнецов, Л.И.Семкина, К.И.Рогозин - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2016. - 290 с. ISBN 978-5-4387-0562-8
6. URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442116](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442116) (22.03.2017).
7. Краткий курс общей физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.А.Старостина, [и др] - Казань : Издательство КНИТУ, 2014. - 377 с. ISBN 978-5-7882-1691-1
8. URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428788](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428788) (22.03.2017).
9. Физика [Текст]: учебник / В. Б. Федосеев. - Ростов н/Д.: Феникс, 2009. - 669 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-222-149 83-6: 320.00 р
10. Курс общей физики [Текст]: учебное пособие: в 3 т. / И. В. Савельев. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1988 - .Т. 2: Электричество и магнетизм. Оптика. - 496 с. : ил. - Б. ц.
11. Курс физики [Текст]: учебное пособие для вузов/ Т. И. Трофимова. - 7-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2002. - 542 с.: ил. - ISBN 5-06-003634-0: 139.00 р.

### Дополнительный

1. Любая С.И. Физика: курс лекций [Электронный ресурс]. / С.И.Любая - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2015. - 141 с.

URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438720](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438720) (22.03.2017).

2. Пономарева В.А. Электричество и магнетизм: курс лекций [Электронный ресурс]/ В.А.Пономарева, В.А.Кузьмичева - М.: Альтаир: МГАВТ, 2007. - 117 с.

URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430261](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430261) (22.03.2017).

3. Шапиро С.В. Курс физики [Электронный ресурс]: учебное пособие/ С.В.Шапиро - Уфа: Уфимский государственный университет экономики и сервиса, 2013. - 248 с. ISBN 978-5-88469-613-6

URL: [//biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445140](http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=445140) (22.03.2017).