

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТЕЙ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

И.А. Аташов

*студент 3 курса бакалавриата физики Каракалпакского государственного
университета им. Бердака, г. Нукус*

А.С. Калилаев

*стажер, преподаватель кафедры физики Каракалпакского
государственного университета им. Бердака, г. Нукус*

Аннотация: В данной работе рассматриваются методы расчета погрешностей результатов лабораторных работ по физике. Основное внимание уделяется методам случайных погрешностей, систематических погрешностей и комбинированных погрешностей. Работа также предлагает примеры применения этих методов на практике. Расчет погрешностей позволяет оценить достоверность и точность измерений, а также провести анализ результатов эксперимента.

Ключевые слова: погрешности, измерения, лабораторные работы, физика, случайные погрешности, систематические погрешности, комбинированные погрешности.

Abstract: This paper discusses methods for calculating errors in the results of laboratory work in physics. The main attention is paid to the methods of random errors, systematic errors and combined errors. The work also offers examples of the application of these methods in practice. Calculation of errors allows you to evaluate the reliability and accuracy of measurements, as well as analyze the results of the experiment.

Key words: errors, measurements, laboratory work, physics, random errors, systematic errors, combined errors.

Annotatsiya: Ushbu maqolada fizika fanidan laboratoriya ishlari natijalaridagi xatolarni hisoblash usullari muhokama qilinadi. Asosiy e'tibor tasodifiy xatolar, tizimli xatolar va kombinatsiyalangan xatolar usullariga qaratiladi. Ishda ushbu usullarni amaliyotda qo'llash misollari ham keltirilgan. Xatolarni hisoblash o'lchovlarning ishonchliligi va aniqligini baholash, shuningdek, tajriba natijalarini tahlil qilish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: xatolar, o'lchovlar, laboratoriya ishi, fizika, tasodifiy xatolar, tizimli xatolar, kombinatsiyalangan xatolar.

В процессе выполнения лабораторных работ по физике одним из важных аспектов является оценка погрешностей полученных результатов. Погрешности возникают из-за различных факторов, таких как неточность измерительных приборов, систематические и случайные ошибки, а также неправильное выполнение экспериментов. Корректная оценка погрешностей не только позволяет определить достоверность полученных данных, но и обеспечивает более точные и надежные результаты.

Типы погрешностей:

Случайные погрешности:

Случайная погрешность в измерениях является результатом естественной вариации измеряемой величины в различных повторных экспериментах. Она вызвана случайными флуктуациями внутри самой системы измерения или окружающей среды. Случайные погрешности не имеют определенной направленности и могут проявляться как положительные, так и отрицательные отклонения от среднего значения.

Учет случайных погрешностей при измерении является важным для получения достоверных результатов. Один из способов учета случайных погрешностей - проведение повторных измерений и расчет среднего значения. Случайная погрешность может быть оценена по стандартному отклонению или среднеквадратическому отклонению от среднего значения.

Методы расчета случайных погрешностей включают следующие подходы:

1. Статистический метод:

- Использование повторных измерений и расчет среднего значения.
- Определение стандартного отклонения или среднеквадратического отклонения от среднего значения как меры случайной погрешности.
- Применение формулы для расчета стандартной ошибки среднего.

2. Метод распределения вероятностей:

- Использование известного распределения вероятностей, такого как нормальное распределение, для оценки случайной погрешности.

- Определение параметров распределения, таких как среднее значение и стандартное отклонение.
- Расчет вероятности нахождения измеренного значения в определенном интервале.

3. Метод Монте-Карло:

- Использование случайных чисел и статистической генерации значений в соответствии с заданным распределением вероятностей.
- Проведение множества итераций для получения статистических данных.
- Оценка случайной погрешности на основе статистических свойств полученных значений.

Выбор конкретного метода расчета случайных погрешностей зависит от особенностей конкретного эксперимента и доступных данных. Комбинирование различных методов может быть также полезным для достижения более точных результатов оценки случайной погрешности.

Систематические погрешности:

Систематическая погрешность в измерениях возникает из-за постоянных смещений или ошибок в методике измерений. Она приводит к систематическому отклонению измеряемых значений от истинных значений и обычно имеет определенное направление. Систематические погрешности могут возникать из-за неправильной калибровки приборов, некорректной процедуры измерений, влияния окружающей среды и других факторов.

Определение и оценка систематических погрешностей включают следующие шаги:

1. Идентификация систематической погрешности:

- Анализ результатов измерений и обнаружение наличия постоянного смещения или отклонения от истинного значения.
- Проведение повторных измерений с различными условиями или методиками для выявления систематической погрешности.

2. Оценка величины систематической погрешности:

- Использование стандартных эталонов или известных значений для сравнения с измеренными данными и определения систематической погрешности.
- Использование математических моделей или уравнений для оценки систематической погрешности на основе известных физических законов или зависимостей.

3. Выражение систематической погрешности:

- Выражение систематической погрешности в виде смещения или коррекции к измеренным значениям.
- Указание направления и величины систематической погрешности.

Методы компенсации систематических погрешностей:

1. Калибровка и коррекция приборов:

- Проведение калибровки приборов с использованием эталонов или известных стандартов.
- Определение систематической погрешности прибора и внесение коррекций в измерения для компенсации этой погрешности.

2. Использование компенсационных формул или уравнений:

- Использование математических моделей или уравнений, которые учитывают систематическую погрешность и позволяют скорректировать измеренные значения.
- Применение формул для вычисления коррекций на основе известных зависимостей и параметров систематической погрешности.

3. Учет систематической погрешности при обработке данных:

- Включение систематической погрешности в расчеты и анализ данных.
- Учет систематической погрешности при оценке погрешностей в конечных результатах измерений.

Компенсация систематических погрешностей позволяет улучшить точность измерений и приблизиться к более достоверным результатам. Однако важно помнить, что полная устранение систематической погрешности может быть сложной задачей, и в некоторых случаях она может оставаться неизбежной.

Методы расчета погрешностей:

1. *Метод наименьших квадратов:*

- Принцип метода наименьших квадратов: Метод наименьших квадратов (МНК) является статистическим методом, используемым для оценки погрешностей и определения наилучшей аппроксимации функциональной зависимости между переменными. Принцип МНК заключается в минимизации суммы квадратов разностей между измеренными значениями и значениями, предсказанными по модели.

- Применение метода наименьших квадратов для оценки погрешностей:

МНК может быть применен для оценки погрешностей в различных ситуациях, включая измерения и аппроксимацию данных. Он помогает определить параметры модели, которые наилучшим образом соответствуют измеренным данным.

- Вычисление погрешностей по методу наименьших квадратов: При использовании МНК для оценки погрешностей, основной шаг состоит в нахождении значений параметров модели, которые минимизируют сумму квадратов разностей между измеренными значениями и значениями, предсказанными моделью. Это может быть достигнуто путем решения системы уравнений, полученных путем дифференцирования суммы квадратов и приравнивания производных к нулю.

После вычисления параметров модели, погрешности могут быть оценены с использованием различных подходов, включая:

- Стандартная ошибка: Оценка случайной погрешности, которая связана с изменчивостью измеренных значений относительно модели.

- Доверительные интервалы: Оценка диапазона значений, в которых с определенной вероятностью может находиться истинное значение параметра модели.

- Ковариационная матрица: Оценка ковариаций между параметрами модели, которая позволяет учесть взаимосвязь их оценок.

Вычисление погрешностей по МНК требует определенных статистических методов и предположений о распределении погрешностей и пригодности модели. Также следует учитывать возможные систематические погрешности, которые не учитываются при использовании МНК и могут потребовать дополнительных коррекций.

2. *Метод Гаусса:*

- **Определение метода Гаусса:** Метод Гаусса, также известный как метод распространения ошибок или метод погрешностей, является методом аналитического расчета погрешностей на основе линеаризации функциональной зависимости и применения правила распространения погрешностей. Он основан на разложении функции в ряд Тейлора вблизи определенной точки и учете только линейных членов.

- **Применение метода Гаусса для расчета погрешностей:** Метод Гаусса широко применяется для оценки погрешностей в различных областях, включая физику, инженерию и науку. Он позволяет оценить погрешности величин, вычисленных на основе измерений или полученных через функциональные зависимости.

- **Вычисление погрешностей по методу Гаусса:** Шаги для вычисления погрешностей по методу Гаусса включают:

1. **Линеаризация функциональной зависимости:** Функцию, для которой требуется оценить погрешность, линеаризуют вблизи определенной точки с помощью ряда Тейлора. Это позволяет выразить зависимость в виде суммы линейных членов, каждый из которых является произведением погрешностей и производных по соответствующим переменным.

2. **Определение погрешностей входных величин:** Оценивают погрешности каждой входной величины, основываясь на доступных данных измерений, калибровок или других источников информации. Погрешности могут быть выражены в виде стандартных отклонений или доверительных интервалов.

3. Применение правила распространения погрешностей: Используя произведения погрешностей и соответствующих производных, применяют правило распространения погрешностей для вычисления погрешности выходной величины. Правило состоит в суммировании квадратов произведений погрешностей с последующим извлечением квадратного корня.

4. Вычисление конечной погрешности: Итоговая погрешность вычисляется путем суммирования вкладов каждой погрешности, учитывая их взаимосвязь и величину.

Метод Гаусса предоставляет аналитические формулы для вычисления погрешностей и может быть применен в случаях, когда функциональная зависимость является линейной или может быть линеаризована вблизи определенной точки. Он не учитывает систематические погрешности, и для их оценки может потребоваться использование других методов или коррекций.

Примеры применения методов расчета погрешностей:

1. Расчет погрешности измерения длины:

Предположим, что у нас есть измерения длины с использованием линейного измерительного инструмента, такого как линейка или метрологический контрольный инструмент. Для расчета погрешности измерения длины можно использовать методы наименьших квадратов или метод Гаусса.

- Метод наименьших квадратов: Можно выполнить несколько повторных измерений и использовать метод наименьших квадратов для оценки среднего значения длины и стандартного отклонения измерений. Стандартное отклонение может служить мерой погрешности измерения длины.

- Метод Гаусса: Можно также оценить погрешность измерения длины, учитывая погрешности самого инструмента и возможные систематические и случайные погрешности. Путем применения правила распространения погрешностей и учета всех вкладов можно вычислить итоговую погрешность измерения.

2. Расчет погрешности измерения времени

Предположим, что мы измеряем время с использованием секундомера или другого временного измерительного устройства. Расчет погрешности

измерения времени также может быть выполнен с использованием методов наименьших квадратов или метода Гаусса.

- **Метод наименьших квадратов:** Можно выполнить несколько измерений времени и использовать метод наименьших квадратов для оценки среднего значения времени и стандартного отклонения измерений. Стандартное отклонение будет служить мерой погрешности измерения времени.

- **Метод Гаусса:** Можно также учесть погрешности самого измерительного устройства, такие как погрешность тикающего механизма или систематические погрешности временных меток. Путем применения правила распространения погрешностей и учета всех вкладов можно вычислить итоговую погрешность измерения времени.

3. *Расчет погрешности измерения силы*

Предположим, что мы измеряем силу с использованием динамометра или другого силового измерительного устройства. Расчет погрешности измерения силы может быть выполнен с использованием методов наименьших квадратов или метода Гаусса.

- **Метод наименьших квадратов:** Можно выполнить несколько измерений силы и использовать метод наименьших квадратов для оценки среднего значения силы и стандартного отклонения измерений. Стандартное отклонение будет служить мерой погрешности измерения силы.

- **Метод Гаусса:** Можно также учесть погрешности самого измерительного устройства, такие как погрешность калибровки или систематические погрешности в измерительной системе. Путем применения правила распространения погрешностей и учета всех вкладов можно вычислить итоговую погрешность измерения силы.

Во всех приведенных примерах методы наименьших квадратов и метод Гаусса позволяют оценить погрешности измерений на основе доступных данных и учесть различные источники погрешностей, включая случайные и систематические факторы.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. A.S.Kalilaev, I.A.Atashov. International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finland Academic Research Science Publishers. ISSN: 2945-4492 (online) | (SJIF) = 8.09 Impact factor. 2024 Published: |22-04-2024|

“BA-137 M IZOTOPINING YARIM YEMIRILISH DAVRINI ANIQLASH”
LABORATORIYA ISHIDA RADIOAKTIV YEMIRILISHGA OID
PARAMETLARNI O’RGANISH. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10990086>

2. Atashov I.A, A.A.Abdreyimov «MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 3 / ISSUE 4 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ FIZIK FORMULA
QANDAY ISHLAB CHIQLADI <https://doi.org/10.5281/zenodo.11044804>

3. I.A.Atashov, J.R.Xojamuratova «MODERN SCIENCE AND RESEARCH»
VOLUME 3 / ISSUE 4 / UIF:8.2 / MODERNSCIENCE.UZ. FIZIKADAN
MÁSELELER TÚRLERİ HÁM OLARDI SHESHİW USILLARI.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.11004477>

4. I.A.Atashov, J.R.Xojamuratova FIZIKADAN MÁSELELER TÚRLERİ
HÁM OLARDI SHESHİW USILLARI «MODERN SCIENCE AND
RESEARCH» <https://doi.org/10.5281/zenodo.11004477>

5. Kalilaev, A. S., & Atashov, I. A. (2024). USE OF MICROSOFT EXCEL IN
PHYSICS LABORATORY EXERCISES. MODERN SCIENCE AND
RESEARCH, 3(3), 27–32. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10812576>

6. "Физика" Джеймса С. Уолкера, Дэвида Холлїдея и Джона Дж. Резника
- это популярный учебник физики, охватывающий широкий спектр тем и
являющийся хорошим введением в основы физики.

7. "Первые принципы. Как сделать все правильно" Э. Фейнмана - это
книга, основанная на лекциях известного физика Ричарда Фейнмана. Она
представляет собой доступное и увлекательное введение в основы физики, с
фокусом на основных принципах и идеях.

8. "Классическая электродинамика" Джона Джексона - это классический
учебник по электродинамике, который предоставляет подробное изложение
основных концепций и математических методов в этой области.

9. "Квантовая механика и путь интеграла" Ричарда Фейнмана и Алберта
Хиббса - это книга, в которой Фейнман иллюстрирует основные принципы
квантовой механики с помощью своего уникального метода пути интеграла.

10. "Теоретическая физика: Механика" Ландау и Лифшица - это
классическое учебное пособие, охватывающее теоретическую механику. Оно
представляет собой подробное и математически строгое изложение основных
концепций и методов.