КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АЛЬ-ФАРАБИ

Зарипова Ю.А.

МЕТОДЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сборник лекций для студентов по направлению подготовки
«Физические и химические науки»

Алматы

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. Понятие науки. Классификация наук.

Лекция 2. Природа научного познания: чувственное и рациональное знание.

Лекция 3. Сущность методологии исследования.

Лекция 4. Научные методы познания в исследованиях.

Лекция 5. Методы эмпирического исследования.

Лекция 6. Методы теоретического исследования.

Лекция 7. Основные методы поиска информации для научного исследования.

Лекция 8. Методы обработки результатов экспериментальных исследований.

Лекция 9. Методы графической обработки результатов измерений.

Лекция 10. Основы научной этики.

Лекция 11. Особенности научной деятельности. Роль и место инноваций в современных научных исследованиях.

Лекция 9. МЕТОДЫ ГРАФИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ.

Цель лекции: ознакомление студентов с основными приёмами, принципами и задачами графической обработки экспериментальных данных, а также формирование практических навыков представления, анализа и интерпретации результатов измерений с использованием графических методов.

Введение: Графическая обработка результатов измерений – это совокупность методов представления, анализа и интерпретации экспериментальных данных в наглядной графической форме. Главная идея графической обработки состоит в том, чтобы из совокупности отдельных измеренных значений получить наглядное изображение закономерности между физическими величинами.

Задачи графической обработки:

- Выявить характер зависимости между измеряемыми величинами.

- Определить аналитическую форму зависимости (линейная, квадратичная, степенная и т. п.).

- Найти численные параметры зависимости (например, коэффициенты наклона, константы и т.д.).

- Определить оценку погрешностей и достоверность аппроксимации.

- Осуществить интерполяцию и экстраполяцию данных.

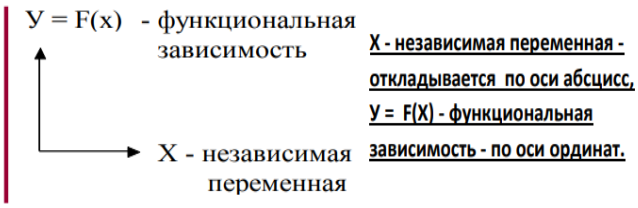
- Визуально сравнить эксперимент с теоретическими предсказаниями.

Графическая обработка – обязательный этап любого физического эксперимента. Она позволяет понять структуру данных, увидеть закономерности и аномалии, а также оценить качество измерений.

Основная часть:

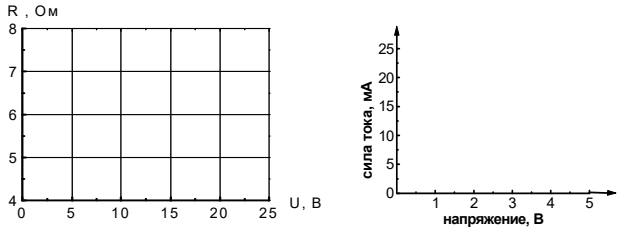
Основные принципы построения графиков заключаются в следующем:

1. Выбор осей координат: обычно по оси X откладывают независимую переменную, то есть ту величину, которая задаётся экспериментатором или изменяется произвольно (например, время, температура, напряжение, сила тока и т.д.). По оси Y откладывают зависимую переменную – величину, значение которой определяется в результате измерений (например, длина, давление, скорость, энергия и т.д.).



Каждая ось снабжается:

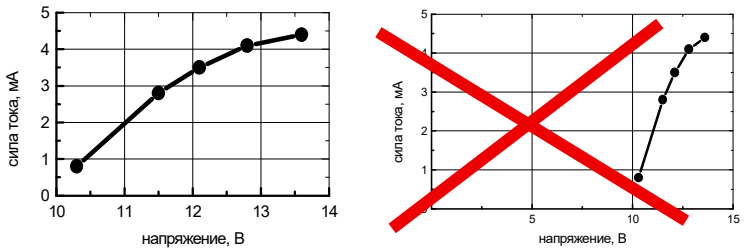
- названием физической величины;
- обозначением её символа (например, t, U, I, P);
- указанием единицы измерения (в скобках).



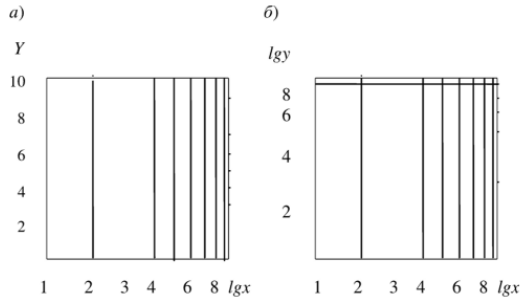
2. Выбор масштаба: масштаб должен быть удобным и равномерным. Он выбирается так, чтобы график занимал большую часть рабочей области листа, но без потери наглядности.

Следует избегать:

- слишком большого масштаба (график «сплющен»);
- слишком мелкого (график «растянут»).



Координатные сетки бывают равномерными и неравномерными. У равномерных координатных сеток ординаты и абсциссы имеют равномерную шкалу (например, прямоугольные координаты).Из неравномерных координатных сеток наиболее распространены полулогарифмические, логарифмические, вероятностные.



Координатные сетки: полулогарифмическая (а) и логарифмическая (б)

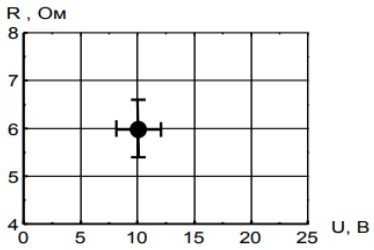
Рекомендуется использовать масштаб, где числовые деления удобно соотносятся с реальными величинами (например, 1 деление = 0,5 В или 10 °C).

3. Нанесение экспериментальных точек: каждая пара измеренных значений (x_i, y_i) изображается на координатной плоскости в виде точки. Если известны погрешности измерений, их необходимо обозначать отрезками ошибок:

- по горизонтали – погрешность Δx_i,
- по вертикали – погрешность Δy_i.

Такие графики дают представление не только о зависимости, но и о точности измерений.

Погрешности измерения каждой точки указываются отрезками, длина которых равна величине ошибки.



Например, на рисунке нанесена точка:
U = 9±2 В,
R = 6,0 ±0,7 Ом.

В экспериментальной физике графиками пользуются для разных целей. Во-первых, графики строят, чтобы определить некоторые величины, – обычно наклон или отрезок, отсекаемый на оси координат, прямой, изображающей зависимость между двумя переменными. Хотя в элементарных курсах физики упор часто делается именно на это, на самом деле роль графика здесь сравнительно невелика. Ведь при методе наименьших квадратов наклон прямой определяют, конечно, не по графикам, как таковым, а по исходным числовым данным. Непосредственно же по графику определить наклон можно только в том случае, если провести через точки на глаз наилучшую прямую. Это довольно грубый метод. Его не следует сбрасывать со счета, но он пригоден лишь тогда, когда мы оценивает результат, полученный наиболее точным методом или когда наклон кривой не очень важен для окончательного результата.

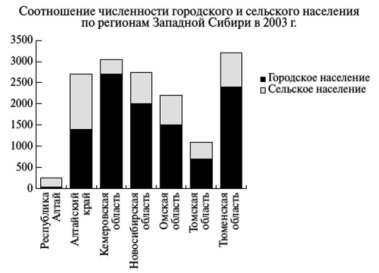
Во-вторых, и это, пожалуй, самое главное, – графиками пользуются для наглядности. Допустим, например, что мы измеряем скорость течения воды по трубке как функцию перепада давления с целью определить, когда поток перестает быть ламинарным и становится турбулентным. Пока поток остается ламинарным, скорость его пропорциональна перепаду давления. Глядя на цифры, приведенные в таблице, трудно сказать, где пропорциональность начинает нарушаться. Другое дело, когда те же данные, представлены графиком. В этом случае сразу видна точка, в которой нарушается пропорциональность. Графики позволяют также более наглядно проводить сравнение экспериментальных данных с теоретической кривой. Нанося результаты измерений на график, очень удобно следить за тем, как идет эксперимент.

В-третьих, графиками пользуются в экспериментальной работе, чтобы установить эмпирическое соотношение между двумя величинами. Например, градуируя свой термометр по какому-либо образцовому прибору, мы определяем поправку как функцию показаний термометра. На графике через полученные точки проводим плавную кривую, которой и пользуемся для введения поправки в показаниях термометра.

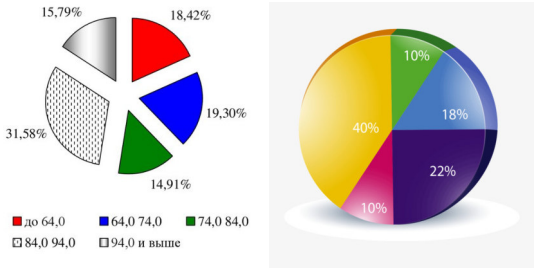
Графика играет важную роль в науке, делая сложную информацию и концепции более доступными и понятными, особенно для тех, кто не относится к категории ученых. Диаграммы, графики, схемы, диаграммы, иллюстрации и блок-схемы - все это примеры визуальных средств, которые часто используются в исследованиях. Каждая разновидность имеет свои преимущества и недостатки при передаче различных типов информации.

Диаграммы особенно полезны для иллюстрации структуры, функций или взаимосвязей между различными элементами, а графики и диаграммы идеально подходят для представления числовых данных и тенденций. Иллюстрации часто используются для объяснения сложных идей или для визуализации объектов, которые слишком малы или слишком велики, чтобы увидеть их невооруженным глазом. Наконец, блок-схемы часто используются для наглядной и четкой демонстрации процесса или серии шагов. Научные иллюстрации важны во многих областях науки, включая биологию, химию, физику, геологию и другие. Они используются для визуализации структур на разных уровнях порядка, включая молекулы, клетки, ткани, органы и существа.

Гистограмма – это «столбчатая» диаграмма частотного распределения признака на выборке. При построении гистограмм на оси абсцисс откладывают значения измеряемой величины, а на оси ординат – частоты или относительные частоты встречаемости данного диапазона величины в выборке.



Если исследователь хочет нагляднее представить соотношение между различными величинами, например доли испытуемых с разными качественными особенностями, то ему выгоднее использовать ***диаграмму.*** В секторной круговой диаграмме величина каждого сектора пропорциональна величине встречаемости каждого типа. Величина круговой диаграммы может отображать относительный объем выборки или значимость признака.



Переходным от графического к аналитическому варианту отображения информации являются в первую очередь ***графики,*** представляющие функциональную зависимость признаков. Идеальный вариант завершения экспериментального исследования – обнаружение функциональной связи независимой и зависимой переменных, которую можно описать аналитически. Можно выделить два различных по содержанию типа графиков:

1) отображающие зависимость изменения параметров во времени;
2) отображающие связь независимой и зависимой переменных (или любых двух других переменных).

После построения графика анализируют расположение точек. Если точки ложатся примерно на прямую линию – зависимость **линейная**: $y = kx + b$, где k – угловой коэффициент, b – значение при $x = 0$.

Если точки формируют кривую, подбирают соответствующий вид функции:

- квадратичная зависимость: $y = ax^2 + bx + c$;
- степенная: $y = Ax^n$;
- экспоненциальная: $y = Ae^{Bx}$;
- обратная: $y = \frac{A}{x} + B$.

Часто для удобства анализа и вычислений нелинейные зависимости приводят к линейному виду. Этот приём называется линеаризацией. После преобразования график становится линейным, и можно использовать методы линейной аппроксимации.

Линеаризация некоторых функций

Исходная формула	Преобразованная формула	Замена переменных	Линеаризованная формула
$y = bx^a$	$\ln y = a \cdot \ln x + \ln b$	$\ln y = y_1$ $\ln x = x_1$ $\ln b = b_1$	$y_1 = ax_1 + b_1$
$y = a \cdot \ln x + b$	—	$\ln x = x_1$	$y = ax_1 + b$
$y = e^{ax+b}$	$\ln y = ax + b$	$\ln y = y_1$	$y_1 = ax + b$
$y = be^{ax}$	$\ln y = ax + \ln b$	$\ln y = y_1$ $\ln b = b_1$	$y_1 = ax + b_1$
$y = \frac{a}{x} + b$	—	$\frac{1}{x} = x_1$	$y = ax_1 + b$
$y = \frac{1}{ax + b}$	$\frac{1}{y} = ax + b$	$\frac{1}{y} = y_1$	$y_1 = ax + b$
$y = \frac{x}{bx + a}$	$\frac{1}{y} = \frac{a}{x} + b$	$\frac{1}{y} = y_1$ $\frac{1}{x} = x_1$	$y_1 = ax_1 + b$

В настоящее время графическая обработка выполняется не вручную, а с использованием компьютерных средств: Excel, OriginLab, Python, Dplot и другие. Компьютерные средства позволяют:

- точно рассчитывать параметры аппроксимации;
- визуализировать ошибки;
- проводить статистический анализ.

Заключение:

Методы графической обработки являются неотъемлемой частью физического эксперимента. Они позволяют переходить от набора измерений к физическим закономерностям, выявлять типы зависимостей, определять постоянные и проверять соответствие теории и эксперимента. График – это наглядный результат эксперимента, отражающий не только численные данные, но и физический смысл изучаемого явления.

Контрольные вопросы:

1) Что понимается под графической обработкой результатов измерений? Объясните её цели и значение в физическом эксперименте.

2) Как выбираются оси координат при построении экспериментального графика?

3) Как определить вид зависимости между величинами по характеру распределения экспериментальных точек?

4) Что такое линеаризация экспериментальных данных?

5) Какие основные требования предъявляются к оформлению экспериментального графика?

Список использованных источников:

1. Гасанов Р.М., и др. Методология организации научных исследований. – М.: ФГУП «ЦНИИ «Центр», 2017. – 118 с.

2. Шкляр М.Ф. Основы научных исследований: учебное пособие. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2017. – 208 с.

3. Бурда А.Г. Основы научно-исследовательской деятельности. – Краснодар, 2015. – 145 с.

4. Гречников Ф.В. Основы научных исследований: учеб. пособие. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 111 с.

5. Пономарев А.Б. Методология научных исследований. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. поли техн. ун-та, 2014. – 186 с.

6. Python https://docs.python.org/3/

7. Курс Митин И.В. «Обработка результатов физического эксперимента» https://teach-in.ru/course/orfe