

«Целью физического эксперимента является более глубокое изучение основных явлений и законов, знакомство с приборами и методиками измерений физических величин и процессов, привитие студентам навыков практической работы, построения графиков, статистической обработки результатов прямых и косвенных измерений, оценки погрешностей измерений и т. д. В более широком мировоззренческом плане физический эксперимент призван формировать у студентов понимание соотношения теоретических моделей и законов с экспериментальными данными»

Знать:

Прямое измерение

Косвенное измерение

Абсолютная погрешность

Относительная погрешность

Случайная погрешность

Систематическая погрешность (погрешность прибора, погрешность округления, погрешность метода, субъективная погрешность, грубые ошибки (промахи))

Правила записи окончательного результата

Оценка погрешности прямых измерений

Оценка погрешности косвенных измерений

Правила оформления графиков

Однозначность, полнота и наглядность

Содержание отчета о лабораторной работе

1. Название работы (+ номер)
2. ФИО студента + группа
3. Наличие допуска (при очном формате)
4. Цель работы
5. Теория
6. Приборы
7. Схема установки (+ описание)
8. Метод (+ описание)
9. Рабочие формулы и исходные данные
10. Таблицы результатов измерений

11. Примеры расчетов
12. Графики (правила оформления)
13. Оценки погрешностей (вывод формул + расчет)
14. Окончательные результаты (правила записи)
15. Вывод и анализ результатов работы (не по цели, не констатация факта, не пересказ хода работы, безлично, без «приблизительно, примерно и т.д.» + орфография)

Для всех физических величин должны быть приведены единицы измерения!

Работу необходимо не только правильно выполнить, но и уметь представить результаты

Пояснения

9. Рабочие формулы искомых величин содержат только результаты прямых измерений и исходные данные.

11. Для косвенно определяемой физической величины должна быть приведена расчетная формула, значения физических величин, подставляемых в нее и результат вычислений.

12. Графики

- Графики дают менее точное, но более наглядное представление о результатах измерений, чем таблицы. Поэтому основное требование к ним – аккуратное и четкое исполнение.
- По графику, строящемуся непосредственно во время эксперимента, очень удобно следить за его ходом и выявлять промахи.

Требования к графикам

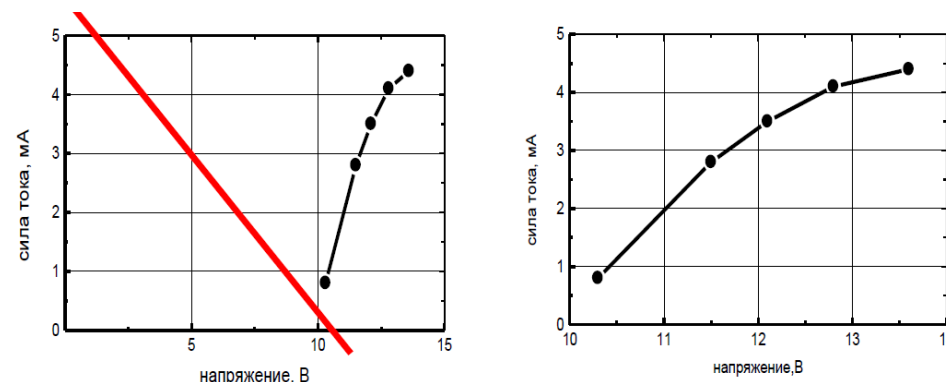
12.1. Графики выполняются на любой бумаге, имеющей координатную сетку. При построении графиков на компьютере координатная сетка также обязательна.

12.2. График необходимо снабдить подписью (заголовком), которая отражает основное содержание графика.

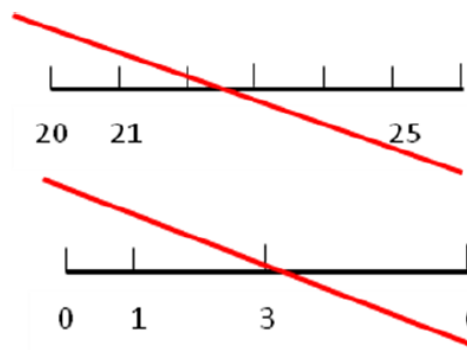
12.3. На осях должны быть обозначены изображаемые переменные величины и их единицы измерения.

По оси ординат откладывают значения функциональной зависимости, по оси абсцисс – значения независимой переменной.

12.4. Масштаб выбирают таким образом, чтобы график не был сжат или растянут вдоль одной из осей. Кривые должны занимать все поле чертежа.



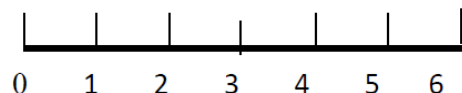
Если масштаб равномерный, координатные штрихи и масштабные числа расставляются равномерно.



Полученные в эксперименте значения величин на оси координат не наносят!

Ось - ваша рабочая линейка. По ней должно быть удобно, считывать значения без дополнительных расчетов. Обычно делают 5 – 10 рисок, рядом с рисками наносят их числовые значения.

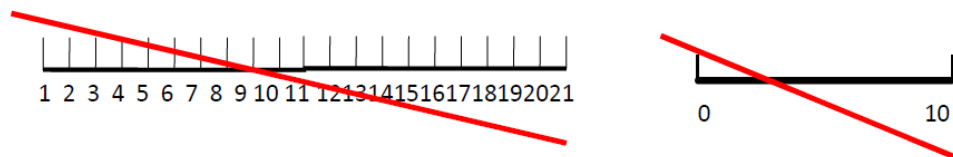
За единицу масштаба разумно принимать числа, соответствующие 1 (10), 2, 5 единицам откладываемой величины или являющиеся кратными и дольными им.



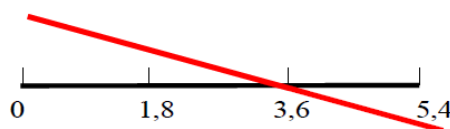
Числа, кратные 4, 6, 8, 12, ..., не используют в качестве масштабных отрезков.

Примеры распространенных ошибок при выборе масштабов:

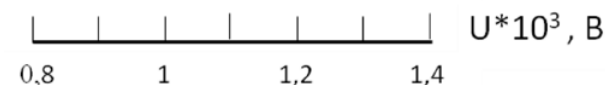
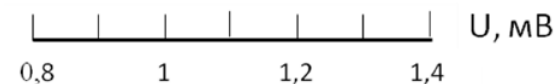
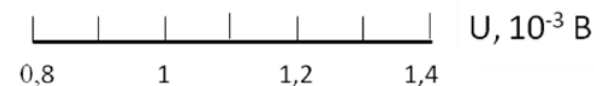
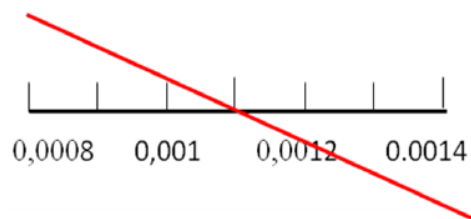
Слишком частые или редкие деления затрудняют восприятие:



Масштаб не удобен для работы:



Чтобы не писать нули, повторяющиеся во всех цифрах, множитель выносят к единицам измерения (кратный 10^3) или к обозначению измеряемой величины:



12.5. Начало отсчета не обязательно совмещать с нулем.

12.6. На графиках экспериментально полученные точки изображаются в виде простейших геометрических фигур (кружков, треугольников, квадратов, ромбов и т.д.) небольшого размера.

12.7. Как правило, зависимости одних физических величин от других – это гладкие, плавные линии, без резких изломов. Экспериментальные точки, вследствие погрешностей измерений, не ложатся на гладкие кривые зависимостей физических величин, а группируются вокруг них случайным образом. Поэтому **не следует соединять соседние экспериментальные точки на графике отрезками прямой** и получать, таким образом, некоторую ломаную линию.

12.8. Если теоретическая зависимость не известна, кривая должна быть как можно более простой (как можно меньше минимумов и максимумов, перегибов). Каждый максимум и минимум на кривой, и даже каждый ее перегиб - это физическое явление (и каждое это явление вам придется объяснить).

В учебной лаборатории исследуемая функциональная зависимость в большинстве случаев является линейной (прямая – самая простая кривая).

Прямую предлагается строить по методу наименьших квадратов.

Прямые проводят по линейке или лекалу!

12.9. Если имеется несколько кривых, то каждой кривой присваивается номер, а на свободном поле чертежа указывают название, обозначение, соответствующее этому номеру.

12.10. Угловой коэффициент – величина размерная!

13. См. записи с вводного занятия, ссылки на перс. странице или стенды в лаборатории

14. В ходе **промежуточных вычислений** значений искомых величин и стандартных отклонений необходимо оставлять достаточное (3-5) число **значащих цифр**.

Примеры: 123,5 – четыре значащие цифры;
0,0023 – две значащие цифры;
1200 – четыре значащие цифры;
1000,00 – шесть значащих цифр.

Правила округления.

- Сначала округляют погрешность – до одной, двух **значащих цифр**.
- После этого округляют результат так, чтобы последняя значащая цифра результата соответствовала последней значащей цифре погрешности.

$123,468 \pm 1,5678$ – начинаем округлять с погрешности: в погрешности оставляем две значащие цифры, если первая «1» или «2»; во всех остальных случаях в погрешности оставляем одну значащую цифру. В приведенном примере: $\pm 1,6$. Смысл округления в том, чтобы убрать бесполезную информацию: если у нас результат с некоторой вероятностью может принимать значения от 121,9 до 125,1, то сомнительной будет уже третья значащая цифра. А нужны ли нам тогда пятая и последующие значащие цифры? Округляем результат, получим: $123,5 \pm 1,6$.

$$1,00056 \pm 0,08231 \rightarrow 1,00 \pm 0,08$$

$12895 \pm 786 \rightarrow \cancel{12900 \pm 800}$ – неправильно! Мы оставили в погрешности три значащих цифры. Вынесем множитель 10^3 . Причем общепринято, чтобы n было кратно 3 (у нас и приставки к единицам измерения величин кратны 10^3 : километры, миллиамперы и т.д.) $\rightarrow (12,9 \pm 0,8) 10^3$. У погрешности и результата должен быть один и тот же множитель.

Доверительный интервал всегда выражается в тех же единицах, что и сама измеряемая величина. Например, правильной будет запись $U = (5,372 \pm 0,004) \text{ В}$, а запись: $U = 5,372 \text{ В} \pm 4 \text{ мВ}$ неправильна.

Источники и литература:

1. Демин В. Б. и др. Законы механики и молекулярной физики в физическом эксперименте. УрФУ, 2013.
2. Ананьева Н.Г. Введение в технику эксперимента. Графическое оформление результатов эксперимента. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2013.
3. Ананьева Н.Г. Введение в технику эксперимента. Основные формулы оценки погрешностей измерений. МГУ им. М.В. Ломоносова, 2016.
4. Митин И. В., Русаков В. С. Анализ и обработка экспериментальных данных. Физический Факультет МГУ.