

# Требования к отчету по лабораторной работе



**Юлия Моржикова**

Про физику и не только



**Подписаться**



## Требования к оформлению отчета:

- ✓ оформить титульный лист;
- ✓ указать цель и содержание работы;
- ✓ дать краткое теоретическое введение, описание установки (в отчете приводится схема с обозначениями) и порядок выполнения работы;
- ✓ **выписать** все *расчетные формулы*, **сделать** заготовки таблиц для экспериментальных данных и заполнить их;
- ✓ записи должны вестись аккуратно, без сокращения слов, с полями для замечаний преподавателя;
- ✓ запись результатов измерений и **все необходимые расчеты** (в том числе и вспомогательные) **должны вестись только в отчете** или в конспекте лабораторной работы;
- ✓ графики и расчеты могут быть выполнены с помощью соответствующих компьютерных пакетов и программ, распечатки расчетов вклеиваются в отчет.

1. **Обязательно** читайте порядок выполнения работы! В нем есть ответы на все ваши вопросы.
2. Отчет должен быть **аккуратным**, рисунки, схемы, графики выполняются *карандашом, по линейке*. *Рекомендую сначала работать в черновике 😊* Если у вас есть ошибка и вы не можете самостоятельно разобраться в чем дело, я могу вам помочь **только** в случае, если вы предоставите мне **расчеты на черновике!**
3. Результаты измерений представляются в таблице с **той точностью**, которой были измерены.

Например, измеряется диаметр  $d$  проволоки микрометром с точностью 0,01 мм, а длина проволоки  $l$  сантиметровой лентой с точностью 1 мм.

	$d \cdot 10^{-3}$ , м	$l$ , м
Верно!	0,40	0,701
Неверно!	0,4	0,7

4. В таблицу записываем значения в системе СИ и если нужно, выносим **множитель** ( $10^{-3}$ ,  $10^5$  ...) в шапку таблицы.

4. В отчете представляется **обработка** всех результатов, а не просто ответы, причем в формулу подставляются средние значения прямых измерений, взятые из таблицы. Например, расчет модуля Юнга:

$$E = \frac{4l_0}{\pi d^2} k_{cp} = 198,72 \text{ ГПа}$$

$$E = \frac{4l_0}{\pi d^2} k_{cp} = \frac{4 \cdot 0,701}{3,14 \cdot (0,397 \cdot 10^{-3})^2} \cdot 35052 = 198 \cdot 10^9 \text{ Па} = 198 \text{ ГПа}$$

5. Не забываем писать **размерность** физической величины:

$$E = 198$$

(?)

$$E = 198 \text{ ГПа}$$

6. Представляем результат, если это возможно, в «**читаемом**» виде, например модуль Юнга для стали:

$$E = 198721468952,32 \text{ Па}$$

# Запись окончательного результата с округлением

Для такой записи результата необходимо провести округление. Округляют начинают с погрешности: в значении абсолютной погрешности оставляют две значащие цифры, если первая из них «1» или «2»; во всех остальных случаях в погрешности оставляют одну значащую цифру. Далее округляют результат измерений до того наименьшего десятичного разряда, который содержится в записи абсолютной погрешности.

Пример.

1423,5 – пять значащих цифр  
 0,0053 – две значащих цифры  
 530 – три значащих цифры  
 5000,00 – шесть значащих цифр

До округления	Запись окончательного результата	
	Неверно	Верно
$124,56 \pm 1,5678$	$125 \pm 2$	$124,6 \pm 1,6$
$1,0002456 \pm 0,0056$	$1 \pm 0,006$	$1,000 \pm 0,006$
$35566 \pm 435$	$35600 \pm 400$	$(35,6 \pm 0,4) \cdot 10^3$

# Критерии оценивания графиков

1. Название графика;
2. Размер графика;
3. Расположение и ориентация осей графика;
4. Подписывание осей графика;
5. Оцифровка осей графика;
6. Точки графика;
7. Линия графика.

Читаем методичку (6 стр.)  
[М.Ю. Замятина «Культура построения графиков»](#)

№№	Критерий	Детализация критерия	«Рекомендация» или «требование», невыполнение которого ведет к потере баллов
1.	Название графика	Каждый график должен быть подписан (например: «График зависимости силы тока в цепи от ее сопротивления»).	Рекомендация
2.	Размер графика	График должен быть достаточно большим и читаемым. Длина любой оси не должна быть меньше 12 см.	<b>Требование</b>
3.	Расположение и ориентация осей	1. По оси абсцисс должна быть отложена изменяемая величина, по оси ординат - измеряемая	Рекомендация
		2. Расположение осей должно обеспечить свободную оцифровку осей (должно быть достаточно места между осями и границами листа)	Рекомендация

4.	Подписывание осей	1. Около осей должны быть указаны откладываемые величины, единицы их измерения и (при необходимости) десятичный множитель.	<b>Требование</b>
		2. Подписи у масштабных штрихов должны быть горизонтальны и сделаны слева от вертикальной и снизу от горизонтальной оси.	Рекомендация
5.	Оцифровка осей	1. Цена деления (размер самой маленькой клеточки в единицах откладываемой величины) координатной сетки на каждой из осей должна равняться	<b>Требование</b>
		$a \cdot 10^n$ , где $a = 1$ , или $a = 2$ , или $a = 5$ , а $n$ - целое число (положительное или отрицательное). Кроме случаев, когда иная цена деления явным образом допускается в условии задачи.	
		2. Штрихи на осях должны наноситься через равные интервалы (исключение – логарифмические или другие шкалы, явным образом указанные в условии задачи) и попадать на основные линии миллиметровой бумаги или линии клеток клетчатой бумаги.	<b>Требование</b>
		3. Оцифровку штрихов следует проводить с интервалами 2-4 см.	Рекомендация
		4. Оцифровка штрихов должна быть сделана <u>через равные интервалы</u> . На каждой оси должны быть <u>подписаны не менее 5 масштабных делений</u> . Смещение начальной точки по осям относительно нуля должно быть кратно шагу оцифровки.	<b>Требование</b>

6.	Точки графика	1. Точки должны быть четко видны на фоне линии.	Требование
		2. <u>Положение точек должно соответствовать таблице измерений</u> (допускается отклонение точек от правильного положения не более, чем на 2 деления мелкой сетки миллиметровой бумаги). При этом не должно быть двух и более точек, нанесенных ошибочно (отклонение больше 2 делений мелкой сетки).	Требование
		4. <u>Не следует указывать на осях значения экспериментальных точек и проводить перпендикуляры к осям.</u> Исключением являются случаи, когда подписываемая точка является характерной точкой графика или эта точка используется для определения каких-либо параметров.	Требование
		5. Разница между максимальной и минимальной координатами нанесенных точек по каждой из осей должна быть не меньше 50% от длины соответствующей оси.	Требование
7.	Линия графика	1. На графиках должны быть проведены <u>«усредняющие» линии</u> . Вместо «усредняющих» линий не допускается проведение ломаных, последовательно соединяющих экспериментальные точки.	Требование
		2. Линия не должна выходить за границы поля графика, определяемые координатными осями	Рекомендация
		3. Линия должна быть одинарной, на ее фоне должны быть видны экспериментальные точки. Линия не должна быть двойной, тройной, ... жирной (за которой не видны точки).	Требование
		4. <u>Линейный участок графика должен строиться по линейке.</u>	Требование



# Графики

Читаем методичку (6 стр.) [М.Ю. Замятина «Культура построения графиков»](#)

Основные требования к построению графических зависимостей изложены в пособии [Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме](#) стр.72-75

## Основные требования, предъявляемые к построению графиков

1. Графики строят на *бумаге форматом* 14×18, 14×14 или 18×14 см с помощью линейки и карандаша либо с помощью специальных компьютерных средств для построения графиков, которые предоставляют такие программные продукты, например, как MS Excel, Origin, Mathematica и др.

2. На *координатных осях* должны быть указаны обозначения (наименования) откладываемых величин и единицы их измерения.

3. *Начало координат* выбирают таким образом, чтобы площадь графика была использована максимально. Поэтому начало координат может не совпадать с нулевым значением на одной или обеих координатных осях.

4. *Экспериментальные точки* изображаются четко и крупно в виде кружков, крестиков, квадратов, ромбов и т. п.

5. **Масштабные деления на координатных осях** следует наносить равномерно. Координаты экспериментальных точек на осях не указывают, и линии, определяющие эти координаты, не проводят.

6. **Масштаб** выбирают таким образом, чтобы:

а) кривая, изображающая график зависимости, была максимально растянута вдоль обеих осей (например, если график представляет собой прямую, а область построения графика является квадратной, то угол наклона этой прямой к осям должен быть близок к  $45^\circ$ );

б) положение любой точки можно было определить легко и быстро. Масштаб считается удобным, если в одном масштабном делении (миллиметре или сантиметре), нанесенном на оси графика, содержится одна или две (пять, десять, пятьдесят и т. д.) единиц измеренной величины.

7. Учитывая, что экспериментальные данные содержат определенную случайную погрешность, **кривую (прямую)**, изображающую экспериментальную зависимость, следует проводить не по экспериментальным точкам, а вблизи от них – так, чтобы количество экспериментальных точек по обе стороны от кривой было одинаковым. В большинстве случаев кривая должна быть гладкой.

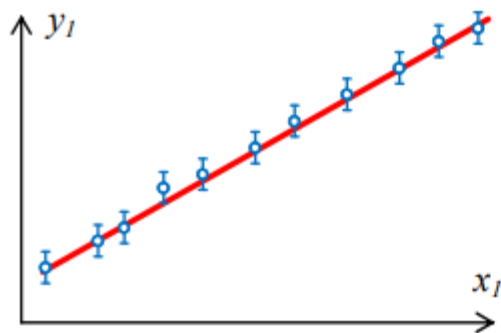


Рис. 14. График зависимости  $y_1 = F_1(x_1)$  с указанием погрешности измерений физической величины  $y_1$

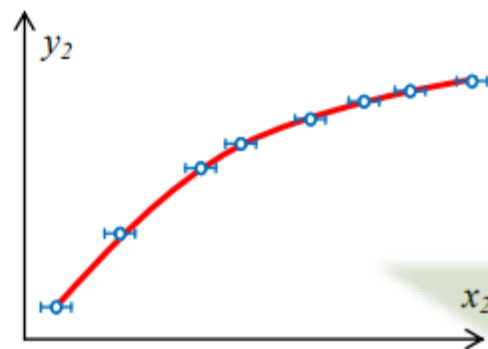


Рис. 15. График зависимости  $y_2 = F_2(x_2)$  с указанием погрешности измерений физической величины  $x_2$

8. При необходимости на графике можно **отложить погрешности прямых или косвенных измерений** соответствующих величин (доверительные интервалы). Делается это с помощью вертикальных или горизонтальных отрезков ( $\overline{\overline{\square}}$ ,  $\overline{\overline{\square}}$ ), симметрично расположенных относительно экспериментальных точек.

На рис. 14 и рис. 15 приведены примеры изображения погрешностей измерений на графиках некоторых физических зависимостей  $y_1 = F_1(x_1)$  и  $y_2 = F_2(x_2)$ . В пределах погрешности эксперимента по экспе-

риментальным данным можно провести несколько кривых, проходящих достаточно близко к экспериментальным точкам.

- ✓ Если на графике **две** зависимости, каждая подписывается!
- ✓ Сравниваем две зависимости (кривая 1 идет выше, следовательно материал 1 подвержен большей деформации...)
- ✓ После графика пишем **вывод**, какая зависимость? Соответствует ли она закону? (Экспоненциальная, линейная...)

## Наиболее типичные ошибки при построении графиков

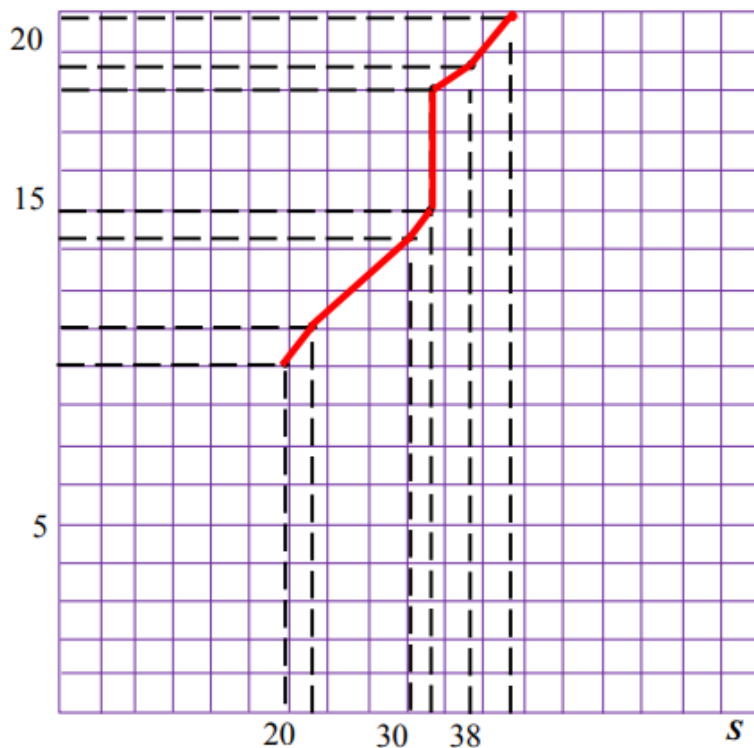


Рис. 16. Пример несоблюдения требований к построению графика

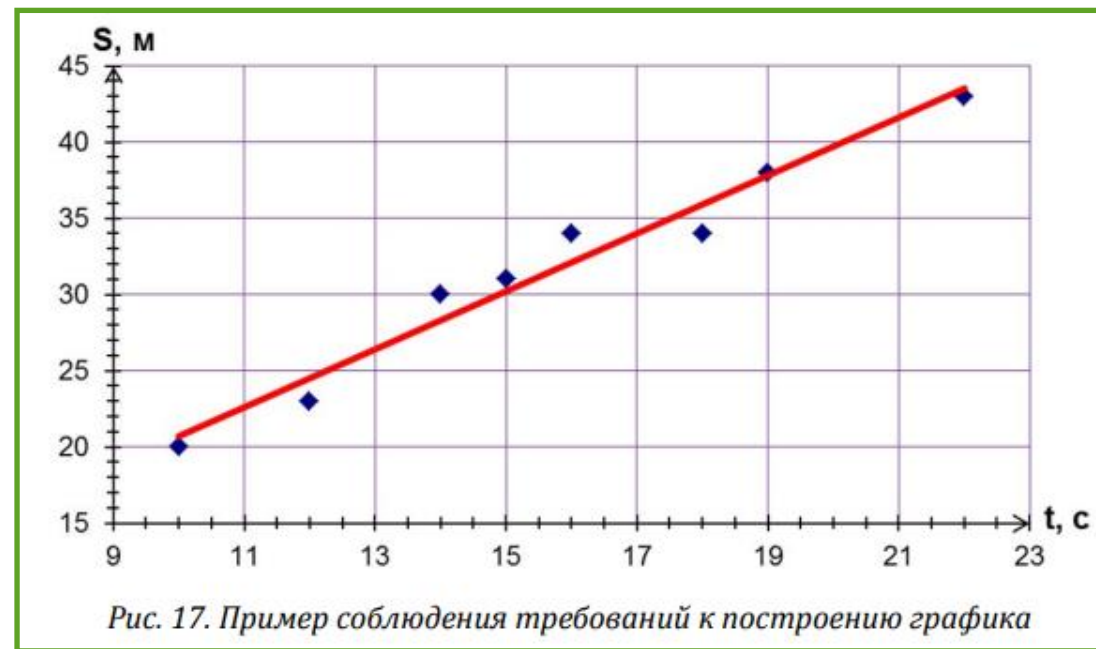


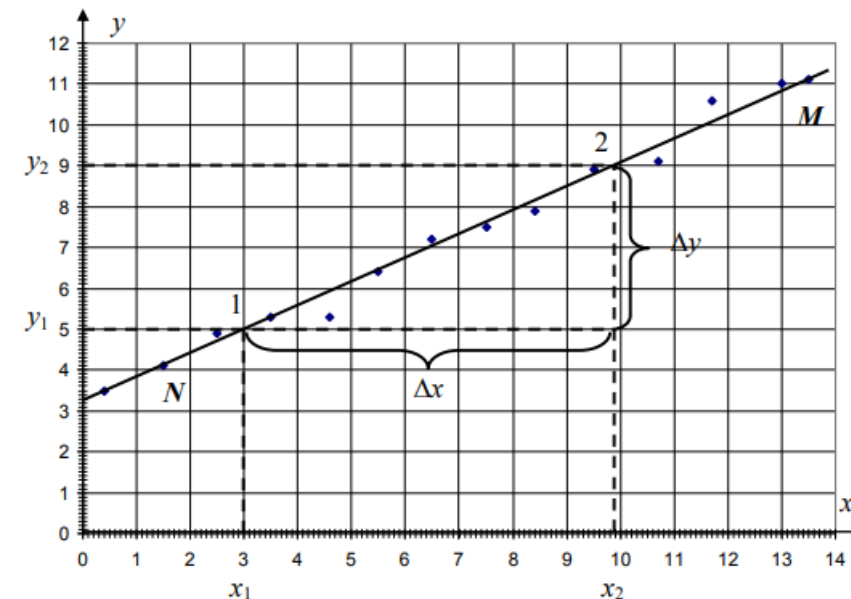
Рис. 17. Пример соблюдения требований к построению графика

Рекомендую 😊 научиться строить графики в MS Excel

Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме стр.106-116

## Результаты получаемые из графиков

1. Определить по графику какую-либо величину. Значение её определяется **масштабом** графика, например, если цена одного деления 0,05, то величина также определяется до сотых, причем последняя цифра в этом примере может быть 0 или 5.
2. Определить тангенс угла наклона. **Обязательно!!!** На графике указываются катеты по которым он определяется. Приводится расчет и записывается размерность, если она есть. *По сути, в физике, тангенс – это есть **отношение** некоторых **физических величин**, значит он может иметь **размерность**.*



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{9 - 5}{9,9 - 3} = \frac{4}{6,9} = 0,58$$

# Погрешности

[Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме](#)

- Погрешность прямых измерений (выводы) **стр. 48-49**
- Погрешность косвенных измерений (выводы) **стр. 57-59**
- Правила записи промежуточных результатов вычислений без учета погрешностей **стр.61-63**
- Запись окончательного результата измерений с учетом погрешности измерений **стр. 63-64**

# Выводы

краткое резюме по результатам эксперимента: что удалось или не удалось измерить, были ли достигнуты поставлены цели, выводы по результатам работы и т.п.

Цель: определить физическую величину.

*Например:* определить модуль Юнга из растяжения проволоки

1. В выводе **обязательно** сравнивается полученный результат с известным табличным (справочным) значением измеряемой величины. *Причем значение физической величины выписывается из справочника* ( $E_{\text{табл}}=210$  ГПа)
2. Совпадают ли табличное и экспериментальное значения? (можно писать: «совпадает в пределах погрешности», «совпадает по порядку величины», либо не совпадает, тогда описываем причины). Чему равна относительная погрешность?
3. Обсуждение возможных причин ошибок и способов их устранения.

Цель: определить физическую величину двумя способами.

1. Сравниваются эти величины. На сколько процентов экспериментальные значения, полученные двумя способами, отличаются от теоретического? Чему равна относительная погрешность?
2. Какой способ дает лучший результат.
3. Обсуждение возможных причин ошибок и способов их устранения.

# Выводы

Цель: проверить какой либо закон.

Выполняется ли закон? Что позволило сделать такое утверждение? *Например: на графике видно, что абсолютное удлинение линейно зависит от приложенной силы, что подтверждает закон Гука при упругих деформациях.*

*ИЛИ* Можно ли считать, что закон ... в данной работе выполняется? Почему?

Цель: изучение какого либо явления или исследование зависимостей физических характеристик от разных параметров.

1. Описать какое явление изучалось, какие характеристики менялись.
2. Анализируем графики, указываем какие зависимости получены, соответствуют ли они закону. *Например: Из рис.1 видно, что график зависимости тока от напряжения носит линейный характер, что согласуется с законом Ома.*

# Примеры

**Описание эксперимента.** В 1630 году французским учёным М. Марсенном был проведён опыт для определения скорости звука в воздухе. Марсенн поставил на определённом расстоянии  $d$  двух человек. Один выстрелил из мушкета, а другой отметил время  $t$ , прошедшее между вспышкой от выстрела и долетевшим до него звуком. Поделив расстояние на время, Марсенн нашёл, что скорость звука и равна 448 м/с.

Опыты Марсенна оказались неточными (скорость звука в воздухе на самом деле составляет примерно 330 м/с), но **впервые** позволили **оценить порядок величины** для скорости звука.

**Цель:** определить скорость звука в воздухе с помощью акустического резонанса.

(Получили результат 430 м/с.)

**Вывод:** *Полученная в эксперименте скорость звука 448 м/с оказалась неточной (справочное значение скорости звука в воздухе при комнатной температуре 330 м/с), но порядок величины для скорости совпал. Неточность в полученных значениях для скорости звука в большей степени может быть связана с погрешностью в измерениях времени, в меньшей степени – с измерениями расстояния. Относительная погрешность составила 26 %*



Цель работы: сфокусировать ипотезу исследования, получить интерференционную картину с помощью дифракции Френеля, рассчитать длину волны источника света и теоретическую длину дифракции

Вывод: в ходе лабораторной работы были получены когерентные источники с помощью дифракции Френеля, благодаря чему получили интерференционную картину и по ней смогли рассчитать длину волны источника.

Относительная погрешность, которая обусловлена несовершенством оборудования, составила 3,4%, значит эксперимент был довольно точным

Так как экспериментально вычисленное значение длины волны источника почти совпадает с теоретическим, можно судить о двух вещах:

- 1) Дифракция Френеля действительно создает лучшие когерентные источники света
- 2) Интерференция работает именно по тем законам, которые мы использовали в вычислениях

⑤ Выводы по проделанной работе.

Значения удельного заряда электрона, полученные разными методами, отличаются от табличных.

Это связано с тем, что:

- при использовании закона " $v/\alpha$ ":
  - значение  $A$  для данного катода отличается от используемого в обработке результатов значения  $A = 2,85$ , соответствующего принятым модельным представлениям.
- при реализации метода магнетрона не учитываются:
  - тот факт, что радиус электронного облака больше радиуса катода;
  - начальные тепловые скорости электронов;
  - отсутствие цилиндрической симметрии у электрического поля внутри диода.

⑤ Выводы по проделанной работе.

Значения индуктивности, определённые по резонансной частоте и значения индуктивности, определённые по зависимости  $\frac{1}{Q} (R)$  несколько отличаются друг от друга, поскольку значения индуктивности определялись в приближении  $\omega_p \approx \omega_0$  (сопротивление катушки индуктивности изначально было неизвестно, а пренебречь им, как показали результаты, нельзя).

Полученные экспериментально зависимости  $\omega_p \left(\frac{1}{Q}\right)$  и  $Q \left(\frac{1}{C}\right)$  получены с большой погрешностью, поскольку ширина резонансной кривой, а значит, и добротность определялись из графика достаточно грубо. ширине резонансной кривой

Значения добротности контура, определённые по графикам и по известным параметрам колебательного контура, в пределах погрешностей совпадают.

Судя по АЧХ и ФЧХ для различных значений сопротивления резистора и ёмкости конденсатора, можно установить зависимость резонансной частоты и относительной амплитуды напряжения (в случае последовательного контура), и относительной амплитуды тока (в случае параллельного контура) от этих величин.

⑤ Выводы по проделанной работе.


Экспериментальная и теоретическая зависимости индукции магнитного поля от координат отличаются друг от друга. Возможно, это связано с тем, что при измерениях вольтметр, подсоединённый к усилителю, отсодил от установки на нуль, и поэтому давал неверные показания.

Эффективный радиус катушек Гельмгольца, найденный по зависимости  $B(x)$ , сильно отличается от их среднего радиуса. Возможно, это тоже связано с неверными показаниями вольтметра.



ПРЕЗЕНТАЦИЮ ПОДГОТОВИЛА

Юлия Борисовна МОРЖИКОВА

 /morzhikova

 morzhikova@tpu.ru

<http://portal.tpu.ru/SHARED/m/MORZHIKOVA>

