

## ПАМЯТКА СТУДЕНТУ

1. Для работы в лаборатории необходимо иметь с собой:
  - 1) Лабораторный журнал (толстая тетрадь большого формата).
  - 2) Физический практикум.
  - 3) Счётный прибор (логарифмическая линейка или калькулятор).
  - 4) Несколько листов миллиметровой бумаги (размер: 19x28 см).
  - 5) Ручку (с синими, фиолетовыми или черными чернилами).
  - 6) Карандаш (ТМ или М) и резинку.
  - 7) Линейку (если отсутствует логарифмическая линейка).
2. Студент не допускается к выполнению работы, если:
  - а) не оформлена предыдущая работа (оформление должно быть закончено обязательным написанием заключения);
  - б) имеется более одной несданной работы;
  - в) отсутствуют необходимые записи в лабораторном журнале (название и номер работы, необходимые формулы, схема установки, таблицы для записи экспериментальных данных);
  - г) студент не может удовлетворительно ответить на вопросы преподавателя (в порядке подготовки студент должен использовать контрольные вопросы физического практикума).
3. Включать установку и проводить измерения можно только с разрешения преподавателя. До этого следует записать характеристики приборов и продумать последовательность измерений. Не рекомендуется без необходимости крутить ручки приборов, так как обычно приборы настроены для работы.
4. Необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе в лаборатории.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ

Для лабораторного журнала необходимо взять большую общую тетрадь 11 формата (21x29 см) толщиной 80-98 листов. Запрещается пользоваться тетрадями с пружиной.

Запрещается вырывать, склеивать вместе листы лабораторного журнала.

Запрещается замазывать, вымарывать, стирать или удалять иным способом результаты из лабораторного журнала. Неверные результаты разрешается аккуратно зачеркивать одной линией, верный результат записывается рядом. Если все результаты неверны, то таблица строится заново и в неё заносятся новые результаты. Около старой таблицы пишут «не верно».

На первом листе делается надпись: Лабораторный журнал студента группы..., ФИО. После заключения оставляют один чистый лист.

Правая сторона тетради предназначена для чистовика лабораторной работы, а левая для черновых расчетов. При этом черновые расчеты должны быть выполнены так чтобы их можно было воспроизвести для перепроверки результатов.

Каждая лабораторная работа начинается с оформления введения и таблиц данных. Во введении должна быть:

- а. краткая теория;
- б. схема или рисунок установки;
- в. формулы для расчета погрешностей;
- г. графики предполагаемых теоретических зависимостей.

Объем введения должен составлять тетрадных 1-2 страницы.

При составлении и заполнении таблиц данных следует учитывать следующее:

1. Если вид таблицы не задан в описании к лабораторной работе, то необходимо самостоятельно спланировать и начертить таблицу на основании информации данной в описании к лабораторной работе. Для этого нужно определить какие данные будут заноситься в таблицу и как они должны в ней располагаться, что бы хватило места и небыло пустых строк и столбцов.
2. При вычерчивании таблиц необходимо пользоваться простым карандашом. Все данные же записываются авторучкой. Недопустимо записывать сначала карандашом, а в конце обводить авторучкой (дабы избежать соблазна подгонки результатов).
3. Результат заносится в таблицу сразу после проведения измерения. Допустимо провести пробную серию измерений для проверки работы оборудования или определения диапазона измерений. При этом результат записывается на левую сторону тетради.

При построении графиков необходимо следовать следующим правилам:

1. Размер листа миллиметровой бумаги должен быть равен целому листу лабораторного журнала или его половине. Нестандартный размер графика используется только в случае необходимости.
2. Оси графика, точки с погрешностями и сами зависимости выполняются карандашом, а цифры, переменные и название графика пишется авторучкой. Допустимо выполнение графиков на компьютере с распечаткой на стандартном принтере.
3. Каждый график обязательно должен быть подписан. Например: «график зависимости удлинения латунного стержня от температуры». Недопустимо в названии делать сокращения типа: «зависимость L от T». Название графика пишется на миллиметровке в верхней части.
4. Масштаб должен выбираться так чтобы одновременно выполнялись следующие требования:
  - а. экспериментальные данные и зависимость занимали большую часть листа (более 60%);
  - б. одна клетка миллиметровки (1 см) соответствовала 1, 2, 5, 10, единицам величины откладываемой на оси;
  - г. если необходимо отложить по осям цифры, например: 20000, 30000, 40000 итд., проставляются 2,3,4 итд., а в конце оси около стрелки, переменная умножается на  $10^{-4}$
  - в. угол наклона графика (если это линейная зависимость) был в пределах 40 – 70 градусов;
  - с. каждая из осей должна отстоять от края листа примерно на 1,5-2 см.

Часто студенты проводя разметку осей стараются проставлять цифры начиная с нуля. Однако в этом нет необходимости. Разрешается при построении графиков на пересечении осей ставить требуемую (но положительную) величину.

5. На осях проставляются только цифры масштаба и не проставляются цифры экспериментальных точек.

6. В конце оси около стрелки проставляется переменная и через запятую знак единицы измерения, например:  $m \times 10^{-3}$ , кг .

7. Вклеивать график в лабораторный журнал необходимо осторожно, используя небольшое количество клея по двум соседним углам листа, на левую сторону тетради. Допустимо использовать тонкие полоски скотча. График не должен выступать из тетради.

8. При построении графиков зависимостей важно понимать следующее:

а. экспериментальные графики не могут проходить в область где отсутствуют экспериментальные результаты, за исключением оговоренных случаев: при аппроксимации, с целью сравнения с теорией или другими экспериментальными результатами, итд.;

в. экспериментальные графики проводят через область погрешности результатов и имеют сглаженный характер, а в виде ломанной линии соединяющей точки обычно проводят градуировочные графики;

с. градуировочный график в виде ломанной строят для того чтобы в дальнейших исследованиях учитывать влияние на эксперимент индивидуальных особенностей установки; градуировочные графики иногда называют также калибровочными;

д. при построении графика теоретической зависимости не указываются погрешности точек, кроме тех случаев когда в теоретические формулы подставляются значения величин с погрешностями;

е. как правило экспериментальные зависимости желательно иметь в виде прямых (линейной зависимости), так как угол наклона и точки пересечения с осями зачастую содержат важную информацию, для этого графики строят так что по одной или по обоим осям откладывают данные в логарифмическом, квадратичном или ином масштабе;

з. нельзя строить линейную зависимость по двум точкам, а зависимость построенная по трём точкам весьма недостоверна, и поэтому надо стремиться сделать достаточное количество измерений, что бы быть уверенным в своих выводах;

9. Экспериментальные точки на графике фиксируются в виде маленьких кружков, а если зависимостей несколько, то другие серии данных изображаются треугольниками, квадратами, пустыми или зачернёнными. Зависимости также изображаются разными линиями: сплошными, пунктирными, штрихпунктирными, около них допустимо ставить указатели с номерами, а в углу графика подписывать какой график какой зависимости соответствует.

В реальных экспериментах для определения физической величины проводят как правило серию измерений. в результате получается  $n$  значений ( $X_1, X_2, \dots, X_N$ ), по ним находится среднее значение  $\langle x \rangle$  и погрешность  $\Delta x$ . Окончательно результат записывается так:  $X = (\langle x \rangle \pm \Delta x)$  ед.измерения;  $E_x = \delta x$  Здесь  $E_x = \delta x$  –относительная погрешность среднего значения  $x$ , которая определяется по формуле:

$$\delta x = \frac{\Delta x}{\langle X \rangle} 100\% .$$

Среднее значение определяется по формуле

$$\langle X \rangle = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N} .$$

В качестве погрешности  $\Delta x$  обычно указывается так называемая **стандартная погрешность**  $-\sigma$ , для которой доверительная вероятность (выбираемая самим студентом) того что истинное значение лежит в пределах доверительного интервала  $(\langle x \rangle - \sigma) - (\langle x \rangle + \sigma)$ , равна пиблизительно 0,7. Это означает, что если проделать 1000 таких же серий измерений, то приблизительно для 700 серий средние значения окажутся в пределах указанного доверительного интервала., а для остальных случаев – вне его.

За стандартную погрешность принимается максимальная из двух погрешностей: приборной и погрешности разброса.

При определении и расчете погрешностей важно знать следующее:

а. при единственном измерении величины невозможно оценить случайную погрешность  $\sigma_{\text{разброса}}$  (хотя она и присутствует), так как она имеет статистический характер и её можно обнаружить только в серии измерений; она определяется по формуле:

$$\sigma_{\text{разброса}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \langle X \rangle)^2}{n}}$$

б. приборная погрешность  $\sigma_{\text{приб}}$  имеется всегда, не зависимо от того известен класс прибора или иные его точностные характеристики; она определяется как максимальная из двух: погрешности отсчета  $\sigma_{\text{отсчета}}$  и погрешности показаний  $\sigma_{\text{показ}}$ .

Погрешность показаний определяется по предельной приборной погрешности  $\Delta x_m = (\text{класс точности прибора}) * X_m / 100$  по формуле:

$$\sigma_{\text{показ}} = \frac{\Delta x_m}{3}.$$

Погрешность отсчета определяется ценой деления шкалы:

$$\sigma_{\text{отсчета}} = \frac{\text{цена деления}}{6}.$$

в. для цифровых приборов принято за приборную погрешность принимать единицу в последнем разряде, в случае если показания нестабильны («цифры скачут») в качестве погрешности измерений необходимо взять среднее от разброса значений в некотором разумном интервале времени;

г. погрешность отсчета у цифровых приборов отсутствует;

д. в случае если приборная и случайная погрешности равны, то в качестве погрешности величины выбирают их среднеквадратичное значение;

е. систематическая погрешность возникает в следующих случаях: сбита шкала прибора или прибор не выставлен на ноль, имеется неучтенное воздействие на результаты эксперимента;

з. погрешность величина неточная и задаётся одной значащей цифрой, если эта цифра не единица, в противном случае двумя цифрами.

**Заключение** к лабораторной работе является учебной моделью описания выводов для всякого научного исследования. Оно представляет собой формализованный текст назначение которого дать читателю возможность в короткое время не обращаясь к самой работе получить логически ясное представление о полученных в работе результатах. Одновременно оно является видом творческой деятельности и требует от студента четкого понимания, что он делал и что получил, умения пользоваться научной терминологией и выработки особого стиля изложения.

Заключение к лабораторной работе должно формально содержать следующие основные блоки:

1. Краткое описание того что и каким методом, и на каком оборудовании выполнялось. При этом не должно быть пересечений с описанием данным во введении к лабораторной работе. То есть не следует переписывать в заключении введение.

Например: «В данной работе изучалось распределение термоэлектронов по скоростям. Для этого снималась вольтамперная характеристика лампового диода при двух токах накала катода:  $I_1 = 0,26 \text{ А}$  и  $I_2 = 0,29 \text{ А}$ ».

2. Описание выбранного диапазона в котором производились измерения, интервалов между измерениями и количества измерений, а также по возможности обоснование такого выбора.

3. Описание каким методом обрабатывались данные (если это имело место) и как использовались результаты, например, строились графики, рассчитывались константы итд.

Например: «Прямые построены по методу парных точек»

4. Описание полученных графиков. При этом необходимо различать экспериментальные данные и построенные по ним кривые и теоретические зависимости. Важно понимать следующее:

а. они не обязаны совпадать;

б. никакая экспериментальная зависимость не является абсолютно достоверной, так как всегда могут при дополнительных измерениях найтись точки изменяющие картину; степень достоверности зависит от количества данных (и распределению их в диапазоне измерений) и их погрешностей;

в. с помощью эксперимента нельзя доказать или проверить теорию, ибо экспериментальные данные могут лишь свидетельствовать в пользу той или иной теоретической модели, поэтому принято говорить о степени согласия с теорией;

Например, неверно: «полученные данные доказывают справедливость закона сохранения механической энергии».

Нужно: «полученные данные находятся в хорошем согласии с законом сохранения механической энергии».

5. Описание результатов полученных из графиков или другими методами, а также их погрешностей с указанием как эти погрешности рассчитывались. При этом необходимо указать характер погрешности: случайный, приборный систематический.

6. Обсуждение источников погрешностей. Необходимо попытаться найти реальную причину неточностей в методике эксперимента или в характеристиках экспериментального оборудования. Недопустимо формально ссылаться на неточность приборов объясняя тем неудачные результаты.

7. Обсуждение согласия теории (если такая имеется) и эксперимента. Необходимо обязательно указать совпали ли результаты в пределах погрешности или нет. Здесь необходимо также высказать своё мнение и допустимы неточные оценки: «удовлетворительно согласуется, находится в хорошем согласии, не согласуется» итд.

Заключение чаще всего пишется в безличной форме, например: «В данной работе исследовалась зависимость ...». Не рекомендуется писать от первого или третьего лица. Необходимо строго соблюдать единый стиль изложения, недопустимо использовать чрезмерно усложнённые грамматические конструкции, пытаться все заключение написать одним предложением, нарушать последовательность изложения и делать смысловые разрывы в тексте.

В заключение не принято вставлять таблицы с результатами измерений, допустимы лишь небольшие таблицы с окончательными результатами. Недопустимо вклеивать в заключение графики и иллюстрации. На них можно и нужно ссылаться.

Каждый результат необходимо сравнивать с табличными или теоретическими значениями. Не рекомендуется представлять экспериментальные и табличные значения в разных системах единиц. Необходимо также обсуждать в заключении расхождение в экспериментальных и табличных значениях. Для простоты сравнения результаты должны быть представлены в одинаковом виде.