

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР

ЛЕНИНГРАДСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ имени М. И. КАЛИНИНА

**САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА
ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ
УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА
В ЛАБОРАТОРИИ ФИЗИКИ**

Методические указания

ЛЕНИНГРАД 1984

Назначение методических указаний — помочь студентам первого и второго курсов, выполняющим лабораторный практикум по физике, верно организовать самостоятельную работу и выработать умения и навыки, необходимые для грамотного проведения эксперимента.

Подробно рассмотрены последовательности действий, позволяющие осмысленно и рационально выполнять все этапы работы от анализа задания до защиты отчета.

Рекомендованы к изданию научно-методическим советом института и утверждены ректоратом.

Составители: *Фагам Паша оглы Кесаманлы,*
Валентина Михайловна Коликова

**Самостоятельная работа
при выполнении учебного эксперимента
в лаборатории физики**

Методические указания

Редактор *Н. В. Бакк*

Корректоры *М. Н. Стремиллова, Т. И. Харитонова*

Сдано в набор 14.05.84.	Подписано к печати 04.09.84.
Формат бумаги 60×90 ¹ / ₁₆	Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная.
Печать высокая. Усл. печ. л. 1,5.	Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 500. Заказ 416.
Бесплатно.	
Издание ЛПИ им.М. И. Калинина.	195251, Ленинград, Политехническая, 29.

Лаборатория полиграфических машин ЛПИ им. М. И. Калинина.
195251, Ленинград, Политехническая ул., 29.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. Цель, задачи и особенности физического практикума	5
2. Знания, необходимые для выполнения лабораторных работ	6
<i>2.1. Обобщенные контрольные вопросы для самопроверки степени готовности к выполнению лабораторной работы</i>	<i>7</i>
3. Подготовка к лабораторной работе	8
<i>3.1. Составление конспекта</i>	<i>8</i>
<i>3.2. Заполнение протокола, подготовка таблиц.....</i>	<i>10</i>
4. Проведение эксперимента	10
<i>4.1. Подготовка установки.....</i>	<i>11</i>
<i>4.2. Проведение измерений</i>	<i>12</i>
<i>4.3. Начальная обработка результатов измерений</i>	<i>13</i>
<i>4.4. Окончательная обработка результатов измерений.....</i>	<i>15</i>
5. Составление отчета.....	16
6. Защита отчета по лабораторной работе.....	18
ПРИЛОЖЕНИЕ	19
ЛИТЕРАТУРА	20

ВВЕДЕНИЕ

Конечная цель Вашей учебы в институте — стать инженером. А каждый современный инженер должен уметь ставить и проводить в лабораторных или производственных условиях научный эксперимент.

Естественно, что умения и навыки проведения исследовательской работы Вы должны приобретать, учась в институте. И чем раньше начнете это делать, тем устойчивее они будут. Раннему формированию умений и навыков проведения исследовательской работы может способствовать лабораторный физический практикум.

Действительно, сравнительный анализ показывает, что выполнение учебных работ физического практикума и проведение научного эксперимента с использованием стандартной методики содержат одни и те же этапы. Назовем их.

1. Формулировка цели работы.
2. Анализ физических основ метода, используемого в работе, выяснение его точности и пределов применимости.
3. Предварительная подготовка к выполнению работы: формулировка конкретных задач, выделение величин, получаемых прямыми и косвенными измерениями, составление удобных таблиц для записи результатов измерений.
4. Подготовка установки, проведение измерений, четкая запись результатов, регистрация характеристик и параметров используемых приборов, условий проведения опыта, прикидочная оценка значения измеряемой величины или характера исследуемой зависимости для устранения грубых ошибок.
5. Математическая обработка результатов измерений и оценка погрешности определения искомых величин с достаточной степенью достоверности.
6. Систематизация и обобщение результатов опыта, составление сводных таблиц, построение графиков, формулировка выводов, литературное оформление результатов опыта — написание отчета по работе.

Наличие такой общности дает Вам возможность уже на первом курсе одновременно с умениями и навыками проведения учебного физического эксперимента начинать приобретать начальные умения и навыки выполнения исследовательской работы.

Используя в ходе занятий наши советы и рекомендации, Вы научитесь видеть в учебных лабораторных работах признаки эксперимента как метода исследования и научного познания, приобретете необходимые для дальнейшей учебы и работы знания и умения (прил.).

1. Цель, задачи и особенности физического практикума

Физический практикум (учебные лабораторные работы по физике) — один из видов учебных занятий при изучении курса физики.

Конечная цель лабораторных занятий по физике — знания, умения и навыки, необходимые для проведения физического эксперимента. Для достижения этой цели в ходе каждой работы придется решать ряд задач, которые позволят Вам научиться:

- объяснять физическую суть изучаемого в данной работе явления;
- характеризовать, выделяя особенности, объект исследования (образец, устройство, поток частиц, излучение);
- объяснять физические основы используемой в работе методики измерений, обосновывать последовательность действий при выполнении каждой конкретной работы;
- работать с приборами, выбирать нужный диапазон измерений, определять цену деления шкалы;
- проводить измерения, соблюдая заданные условия, грамотно и аккуратно записывать результаты в заранее составленные таблицы;
- вычислять и учитывать приборную и случайную погрешности прямых и косвенных измерений;
- представлять результаты эксперимента в виде сводных таблиц и графиков;
- анализировать полученные результаты, делать обоснованные выводы, составлять отчет по работе.

Все эти умения можно приобрести только в результате целенаправленной самостоятельной работы при серьезном и вдумчивом отношении к делу. Особенность занятий лабораторного практикума состоит в том, что они, в отличие от других учебных занятий, с первых шагов требуют Вашей самостоятельности (которая постепенно должна стать практически полной) и сознательной активной работы не только в лаборатории при сборке установки и проведении измерений, но и дома при подготовке к измерениям, обработке результатов

и составлении отчета.

По цели, объему и содержанию лабораторные работы по физике могут резко различаться между собой. Однако все они содержат одни и те же конкретные этапы, перечисленные во введении.

Три первых этапа — это Ваша самостоятельная работа до проведения измерений в лаборатории, два последних — после их окончания.

Выполняя работы физического практикума, приучайте себя с самого начала выделять самостоятельно в каждой из работ шесть общих этапов. Возможно, что вначале это не всегда будет получаться, какие-то этапы или моменты в них окажутся неочевидными. Обращайтесь с вопросами к преподавателю. Если сделать такой подход к работам для себя обязательным, то он постепенно станет привычным. А так как для выполнения лабораторных работ по всем дисциплинам нужны практически одни и те же общие умения и навыки, то это значительно облегчит Вам также выполнение лабораторных практикумов по другим дисциплинам.

2. Знания, необходимые для выполнения лабораторных работ

Выполнение лабораторной работы есть определенная последовательность действий:

- подготовка к эксперименту;
- проведение измерений;
- обработка полученных результатов;
- формулировка выводов и написание отчета.

Для грамотного и быстрого их выполнения у Вас должна сложиться определенная система знаний и умений (ориентировочная основа действия), которая обеспечит правильное и рациональное исполнение действия. Другими словами, всякому действию должны предшествовать обосновывающие его знания. В данном случае это не только описание конкретной лабораторной работы, но и определенные разделы курса, знания по физике и математике, полученные Вами в средней школе, а также умение пользоваться методическими указаниями по обработке экспериментальных результатов [1] и назначению и устройству современных измерительных приборов [2].

Поэтому выполнение каждой лабораторной работы по физике необходимо начинать с изучения ее описания [3—5] и приведения знаний в систему, а именно:

- ясно представить себе общую цель данной конкретной лабораторной работы и последовательность задач, решение которых приведет к достижению окончательной цели;
- знать, какое физическое явление изучается в данной

работе и какими зависимостями связаны описывающие его величины;

— знать основные особенности объекта исследования (образец, поток частиц, излучение);

— изучить и уметь объяснить физические основы используемых в работе методов измерения искомых величин;

— уметь нарисовать принципиальную схему используемой установки и знать назначение каждого из ее узлов;

— знать последовательность выполнения этапов лабораторной работы;

— иметь общее представление об ожидаемых результатах проводимого эксперимента и уметь выбрать метод, нужный для их математической обработки.

Только такая основательная и систематическая подготовка к каждой работе позволит сознательно выполнять лабораторные работы по физике и целенаправленно вырабатывать у себя необходимые для Вашей будущей деятельности умения и навыки.

Проверять степень своей готовности к выполнению каждой конкретной работы нужно с помощью обобщенных контрольных вопросов, общих для всех работ физического практикума. Поэтому следует не только ответить на них, готовясь к работе, но и запомнить их как общий принцип подхода к выполнению лабораторных работ вообще.

2.1. Обобщенные контрольные вопросы для самопроверки степени готовности к выполнению лабораторной работы

1. Какова цель работы?
2. Какие конкретные задачи в ходе опыта и обработки результатов придется решать для достижения цели?
3. Какое физическое явление изучается в данной работе?
4. Какими зависимостями связаны величины, описывающие исследуемое физическое явление?
5. Какие физические явления положены в основу экспериментального метода определения искомых величин?
6. Какая теоретическая зависимость может быть проверена в данном конкретном опыте?
7. Какие допущения сделаны при описании теории метода?
8. Каково назначение отдельных узлов экспериментальной установки?
9. Что представляет собой объект исследования в данной работе?
10. Какое уравнение (или система) позволяет найти искомую величину или нужную зависимость на основании опытных данных?
11. Какие постоянные (табличные данные, параметры образца и установки) нужны для определения искомой величины по данным опыта?

12. Как можно проверить надежность полученных экспериментальных результатов?
13. Какие графики должны быть построены по полученным данным?
14. Как будет определена погрешность прямых измерений?
15. Как придется оценивать погрешность конечного результата?
16. Какие таблицы нужны в протоколе для записи результатов измерений?
17. Можно ли сопоставить результаты эксперимента с литературными данными?

Эта система вопросов очень важна и по другой причине. Психологами установлено, что процесс приобретения и развития знаний не может протекать и даже начаться без постановки и решения самых разнообразных вопросов. Любой шаг в познании предварен вопросом о том, чем данная информация важна. Именно вопросами выражается первое пробуждение мысли. Овладение умением правильно ставить вопросы не менее важно, чем нахождение способов получать ответы. Поэтому, используя принцип подхода к эксперименту, заданный обобщенными вопросами, учитесь ставить и формулировать вопросы, связанные с содержанием конкретной работы.

3. Подготовка к лабораторной работе

Выполнение всех работ физического практикума включает самостоятельную подготовку, которая должна быть закончена к началу занятия.

Подготовку к конкретной лабораторной работе начинайте со знакомства с описанием работы и отмечайте для себя основные моменты. Затем с помощью описания и других рекомендованных Вам учебных пособий постарайтесь ответить на все обобщенные контрольные вопросы к лабораторным работам, а потом на контрольные вопросы к данной работе. При соблюдении такой последовательности Вам скоро станет ясно, что вопросы по конкретным работам содержатся в предложенном общем подходе. После этого приступайте к составлению конспекта, вычерчиванию принципиальной схемы установки и таблиц в протоколе.

Уровень Вашей подготовки проверяет преподаватель перед началом работы. Чтобы эта беседа была полезной, при изучении описания нужно отмечать неясные вопросы и обязательно выяснять их на консультациях.

3.1. Составление конспекта

Готовясь к лабораторному занятию, необходимо составить конспект, т. е. дать краткое целенаправленное изложение содержания работы. Он должен быть отражением ра-

боты по систематизации приобретенных знаний, опорным планом для проведения эксперимента.

Конспект начинайте с записи названия работы и формулировки цели — заранее мыслимого конечного результата. Затем перечислите задачи работы. Имейте в виду, что именно задачи, решаемые в работе, определяют последовательность действий, приводящих к получению конечного результата.

Одна из главных задач Вашей подготовки к работе при составлении конспекта — анализ физических основ метода и описание методики эксперимента, которые включают:

- физическое явление, изучаемое в работе, связь между величинами, его описывающими;
- объект исследования, его особенности;
- физическое явление, положенное в основу метода измерений;
- зависимость, которая может быть экспериментально проверена;
- условия, позволяющие осуществить такую проверку.

После этого начертите на отдельном двойном листе схему экспериментальной установки, рядом напишите пояснения к ней, т. е. укажите назначение отдельных узлов и приборов. Обозначения приборов и элементов схемы на рисунке должны быть выполнены в соответствии с ЕСКД [6].

В конце конспекта отразите математическое описание эксперимента и заключительную обработку результатов, а именно:

- составьте и запишите систему уравнений, позволяющую определить искомую величину на основании опытных данных;
- выпишите постоянные, необходимые для решения составленной системы уравнений (табличные данные, параметры установки);
- запишите физические величины, определяемые прямыми измерениями;
- запишите физические величины, определяемые косвенными измерениями;
- решите систему уравнений и получите рабочие формулы для величин, измеряемых косвенно, т. е. выразите их через прямо измеряемые величины;
- перечислите, какие графики придется строить и какие величины по ним можно будет определить;
- запишите табличное значение определяемой величины, если оно существует;
- приведите формулы погрешности для величин, изме-

ряемых косвенно.

Такая предварительная работа позволит Вам установить, какие величины, в какой последовательности и при каких условиях должны быть измерены.

3.2. Заполнение протокола, подготовка таблиц

Все записи, связанные с выполнением эксперимента непосредственно в лаборатории, следует делать только на бланке протокола. До начала работы он должен быть специально подготовлен, т. е. надо продумать вид таблиц для записи и обработки результатов и начертить эти таблицы в протоколе, указав их номера. Всякая небрежность при записи результатов есть источник дальнейших ошибок.

Прежде всего напишите название работы, а затем, пользуясь линейкой и карандашом, аккуратно начертите таблицы для записи результатов измерений, выполняя следующие требования:

— не переносите таблицы, помещайте каждую таблицу полностью на одной странице;

— начинайте таблицу с графы для порядкового номера измерения и графы для величины, являющейся независимой переменной;

— указывайте в каждой графе однократно сверху величину и единицу ее измерения;

— для величин, определяемых прямыми многократными измерениями, выделяйте в таблице графы для записи отклонений каждого результата от среднего значения и для квадратов этих отклонений, позволяющих сразу вычислить случайную погрешность измерения;

— для величин, измеряемых косвенно, предусматривайте графы, дающие возможность записать результаты не только конечных, но и промежуточных вычислений.

Такая форма таблиц позволит начать обработку результатов сразу после их получения, т. е. прямо на лабораторном занятии. В итоге работы таблицы в протоколе должны быть даны в таком виде (аккуратными, разумно составленными), чтобы исключалась необходимость их дублирования в отчете.

4. Проведение эксперимента

Проведение эксперимента — это центральный и самый интересный этап выполнения лабораторной работы, требующий активного использования на практике всех имеющихся у Вас знаний, умений и навыков. Именно для его успешного выполнения была нужна предварительная подготовка, так как на девять десятых успех эксперимента закладывается в процессе его

подготовки. Только самостоятельно проводя опыты, Вы получаете возможность наблюдать физическое явление, отмечать непосредственно («живое созерцание») связи или зависимости между величинами. И именно данные эксперимента становятся основой для более глубокого уже теоретического осмысливания и анализа явления («абстрактное мышление»).

Очень хорошо, если определяющая роль эксперимента, которая выражается в том, что он есть критерий истинности теорий и основа для их создания, станет Вам понятна в ходе лабораторного практикума. Еще важнее именно так относиться к эксперименту во всей дальнейшей работе.

4.1. Подготовка установки

На первом курсе на каждое лабораторное занятие отводится три часа. Нужно обязательно использовать все это время так, чтобы успеть не только провести опыт, но и практически выполнить начальную обработку результатов. Обсуждение в конце занятия уже частично обработанных результатов избавит Вас от ряда возможных ошибок и существенно сократит затраты времени на их окончательную обработку. Поэтому еще до беседы с преподавателем начинайте готовить установку к работе:

- найдите по рабочей схеме основные узлы установки, измерительные приборы, переключатели;

- запишите в таблицу протокола «Измерительные приборы» типы всех приборов, для однопредельных укажите диапазон измерений и погрешность, определив предварительно цену деления шкалы;

- изучите инструкцию, данную на установке, и запишите в протокол параметры установки и образца;

- установите, какие приборы (задающие) воздействуют на объект исследования, какие (измеряющие) позволяют следить за реакцией объекта на эти воздействия;

- поставьте на измеряющих приборах наибольший диапазон, на задающих — диапазон, определяющий минимальный сигнал на выходе.

После беседы с преподавателем и получения допуска к работе:

- соберите установку, получив необходимые детали у лаборанта, или проверьте ее самостоятельно, если она собрана стационарно;

- запишите в протокол заданные преподавателем режимы работы;

- установите на многопредельных приборах нужные диапазоны измерений;

— покажите готовую установку преподавателю или лаборанту для проверки, затем включите питание всей установки и приступайте к проведению измерений.

4.2. Проведение измерений

Перед началом измерений обязательно еще раз представьте себе ход работы. Учтите, что, составляя таблицы в протоколе, Вы отразили в них наличие связи между величинами. Уточните для себя еще раз, изменение какой величины нужно задавать, какая другая будет при этом меняться. Или, другими словами, решите, по какому из приборов Вы будете задавать изменение величины, по какому следить за происходящими в процессе опыта изменениями, регистрировать значения. Граничные значения диапазона изменения одной из величины обычно либо даны в описании работы, либо указаны преподавателем. Вам необходимо выбрать значения интервалов или промежутков изменения этой величины, позволяющие наблюдать изменение другой, от нее зависящей. Для того чтобы число измерений было достаточным, нужно, учтя предполагаемый вид зависимости, записывать показания приборов часто для области резкого изменения величины (максимум, минимум, точка перегиба). На участках, где показания приборов меняются плавно, нет резких изменений величины, значения можно брать реже. Вообще, проводя эксперимент, лучше всего не жалеть времени на дополнительные измерения. Чем тщательнее он проведен (чем уже интервал между экспериментальными точками), тем точнее полученная экспериментальная зависимость и обоснованнее выводы.

Торопитесь медленно! Если в конце измерений выяснится, что в некотором интервале величина меняется монотонно и очень слабо, то при обработке результатов, вычислениях, построении графиков можно для экономии времени брать значения через одно. Только при таком подходе к измерениям участки резких измерений будут прослежены надежно.

При проведении любых измерений нужно обращать внимание на воспроизводимость результатов. Именно хорошая воспроизводимость есть одно из доказательств надежности эксперимента. Для проверки воспроизводимости обычно поступают так:

— величины, определяемые при постоянных условиях, измеряют многократно;

— зависимости между величинами снимают (если это возможно) при прямом и обратном ходе изменения аргумента (например, вольт-амперную характеристику можно

снять, повышая и понижая напряжение);

— в течение опыта многократно проверяют значение параметра, который должен оставаться постоянным (температура, давление, частота сигнала и т. п.).

— Все записи, касающиеся выполнения эксперимента, следует делать только на бланке протокола. Черновые записи на других листах не допускаются. Независимо от содержания работы запись экспериментальных результатов должна удовлетворять следующим требованиям:

— быть понятной любому читателю, а не только ее автору;

— результаты измерений записывают сразу на бланк протокола без какой-либо обработки (лучше даже без умножения на переводной множитель);

— в протоколе не должно быть исправленных цифр, лучше зачеркнуть неверные и записать рядом другие.

Выполняя работы, Вы приобретаете необходимое инженеру умение правильно и грамотно вести запись условий проведения и результатов опыта. Обычно, пользуясь результатами прямых измерений, определяют величины, измеряемые косвенно. Результаты очень многих прямых измерений используют для расчетов и дальнейшей обработки, поэтому так важна надежность их определения и записи.

Закончив измерения, нужно проверить и записать недостающие сведения в таблицу «Измерительные приборы». Для многопредельных приборов должны быть указаны рабочие диапазоны. Для каждого из приборов должна быть приведена погрешность, которую Вы рассчитываете сами, исходя из класса точности или цены деления для стрелочных приборов и используя специальные формулы для цифровых [2].

Записав данные о приборах и показав результаты измерений преподавателю, не спешите разбирать установку. Учтите, что говорить о достоверности Ваших измерений, глядя только на цифры, трудно даже преподавателю. Поэтому нужно попытаться самостоятельно оценить достоверность результатов, частично обработав их.

4.3. Начальная обработка результатов измерений

Особенность данного этапа обработки в том, что его выполняют сразу после получения экспериментальных данных, т. е. прежде чем разобрана рабочая установка. Это позволяет при необходимости проверить отдельные точки, участки или даже всю зависимость в целом. В ходе такой обработки Вы сможете увидеть, значений каких величин (или постоянных параметров)

у Вас еще нет, понять, откуда они могут быть взяты.

Начиная обработку результатов сразу после их получения, т. е. на лабораторном занятии, действуйте в такой последовательности:

— постройте зависимость между величинами по данным опыта, если они непосредственно измерялись;

— сопоставьте вид полученной зависимости с теоретически предполагаемым;

— получите однократно из графика значение нужной величины (например, угловой коэффициент прямой можно найти как отношение приращения координат $\frac{\Delta y}{\Delta x}$;

— вычислите конечный результат, используя данные графика.

Иногда оказывается, что величины, между которыми должна быть построена зависимость, непосредственно не измерялись. Тогда начинать обработку придется в иной последовательности, а именно:

— вычислите, используя данные опыта, и запишите в таблицу значения величин, необходимых для построения графика; если экспериментальных данных много, то можно брать значения через одно или даже через два — это сократит объем и ускорит работу;

— постройте зависимость между величинами, используя результаты расчетов;

— сравните вид полученной зависимости с предполагаемым теоретически.

После того, как график построен, обработку продолжайте, как и в предыдущем случае.

Требование успевать на занятии не только получить данные, но и построить снятую зависимость должно стать для Вас обязательным правилом.

Построенную зависимость и протокол с таблицами данных предъявите преподавателю для проверки и окончательной подписи. Хорошо, если тут же Вы подумаете о завершении обработки результатов, т. е. представите, что нужно делать для ее окончания, и уточните неясные моменты. Обсуждать вопросы обработки, имея график и результаты, уже значительно проще.

Вы уже, вероятно, обратили внимание на то, что осмысливать результаты легче, если они изображены графически. Помимо наглядности графики необходимы для определения значений отдельных величин. Графики — очень распространенный способ представления экспериментальных результатов. Поэтому стройте их, выполняя общепринятые правила [7, 9]:

— используйте только миллиметровую бумагу;

— откладывайте по оси абсцисс независимую переменную (аргумент), а по оси ординат — зависимую (функцию);

— выбирайте масштаб таким, чтобы он легко читался,

поэтому одна клетка масштабной сетки должна соответствовать удобному числу — 1, 2, 5, 10 единицам откладываемой величины;

— пишите на осях числовые значения только для крупных единиц масштаба, делайте это за пределами графика (левее оси ординат и ниже оси абсцисс);

— стройте ту область значений, которая была исследована в опыте;

— не обозначайте начало координат (точка 0), если это не имеет особого физического смысла (результат начального измерения);

— наносите на график все полученные при измерениях значения;

— проводите кривую плавно, по усредненным значениям, избегая изломов;

— снабжайте график подрисуночной подписью (внизу листа); не забывайте проставить фамилию.

4.4. Окончательная обработка результатов измерений

Общеизвестно, что принципиально невозможно абсолютно точно определить значение какой-либо физической величины. Поэтому всегда необходимо учитывать полную погрешность опыта и указывать ее в окончательном виде. Полная погрешность опыта складывается из погрешности, связанной с неидеальностью объекта исследования; погрешности метода; приборной погрешности; погрешностей, связанных с проведением данного конкретного опыта (промахи, систематические и случайные ошибки).

Все перечисленные погрешности, кроме случайных, могут быть оценены и практически учтены или устранены еще до начала систематических измерений.

При выполнении работ физического практикума Вы не учитываете погрешностей, обусловленных неидеальностью объекта исследования и самим методом. Допускается, что объект идеален, а метод позволяет верно наблюдать и достаточно точно оценивать изменение величины. Конечно, это далеко не всегда так, поэтому в описании работы бывают специально оговорены условия, ограничивающие применение метода. Нужно учиться подходу к учету таких ошибок. Это пригодится Вам в дальнейшей экспериментальной работе.

Оценку погрешности измерения величины для конкретной работы начинайте с расчета и указания в протоколе приборной погрешности. Об этом уже говорилось в разделе «Проведение эксперимента». Помните, что погрешность прибора нужно определить обязательно в конце данной работы, пока все приборы перед Вами. Выработайте привычку кончать работу и разбирать установку только после того, как запи-

саны погрешности приборов и выполнена начальная обработка опытных данных.

По результатам опыта Вы оцениваете случайные ошибки. Это можно сделать только после проведения достаточно большого числа измерений. Общепринятый метод вычисления случайной погрешности основан на предположении о том, что распределение случайных ошибок в процессе данного опыта соответствует нормальному закону распределения случайной величины.

Таким образом, проведя эксперимент, необходимо вычислить не только значение физической величины, но и погрешность ее определения, используя особые приемы и методы, разработанные математиками, т. е. выполнять математическую обработку результатов измерений [1, 8—10].

Вычисление суммарной погрешности определения величины в каждой работе имеет свои особенности. Однако схемы расчета оказываются общими для всех работ. Они должны быть усвоены, так как Вам предстоит применять их не только при выполнении физического практикума, но и при дальнейшей работе в специальных лабораториях.

5. Составление отчета

Отчет завершает лабораторную работу и обобщает результаты всех предыдущих этапов ее выполнения. Поэтому в нем обязательно должны быть отражены:

- 1) цель и задачи работы;
- 2) объект исследования, его общая характеристика и особенности;
- 3) методика эксперимента;
- 4) схема установки;
- 5) рабочие формулы с обязательной расшифровкой входящих в них величин;
- 6) систематизированные результаты эксперимента (сводные таблицы, графики);
- 7) оценка надежности и достоверности результатов (примеры вычислений величин, измеряемых косвенно, и погрешностей для прямых и косвенных измерений);
- 8) окончательные результаты с учетом погрешности, в том числе и приборной;
- 9) общие выводы по работе.

Первые пять пунктов отчета практически представляют собой сведения, которые Вы должны были изложить в конспекте. Поэтому, если конспект составлен грамотно и написан на отдельных двойных листах, то его можно использовать как начало отчета.

Результаты эксперимента излагайте в такой последовательности:

— значения постоянных и исходных данных (характеристики образца, установки, табличные величины);

— условия проведения опыта или измерений (температура, давление воздуха, влажность);

— таблицы, содержащие результаты опытов. Это может быть ссылка на порядковый номер таблицы в протоколе или повторение таблицы порядка, если там она заполнена неаккуратно.

С первых же занятий приучайте себя четко записывать результаты измерений в протокол, чтобы их можно было не повторять в отчете. Бланк протокола должен быть вложен в отчет, это документ, отражающий проведение эксперимента.

Итоги обработки результатов представляйте по возможности в виде таблиц, содержащих не только конечные, но и промежуточные значения. Если при подготовке к работе Вы учли вопросы обработки, тогда такие таблицы должны быть в Вашем протоколе. Все дополнительные таблицы, содержащие результаты обработки, в отчете приводить обязательно.

Выполняя обработку результатов измерений, нужно приводить в отчете примеры вычисления значений требуемых величин. Проводя вычисления, прежде всего записывайте формулу, затем подставляйте в нее числовые значения всех величин и приводите окончательный результат. Такая схема позволяет при необходимости быстро проверить правильность расчета. Если в ходе опыта искомая величина определялась при разных условиях (снималась зависимость), то достаточно привести только один пример вычисления, указав номер измерения в таблице. Таблицу, содержащую промежуточные результаты, нужно пояснять примером, показывающим всю последовательность вычислений. При этом каждый из промежуточных результатов должен быть получен по той же схеме (формула — числовые значения величин — результат).

Используя такую же схему, нужно приводить в отчете вычисление погрешностей для величин, полученных как прямыми так и косвенными измерениями.

В конце отчета приводятся:

— окончательный результат, т. е. значение величины с указанием погрешности ее определения;

— анализ полученных результатов, сравнение экспериментально полученного и табличного значения величины, если это возможно;

— выводы, вытекающие из экспериментальных данных.

6. Защита отчета по лабораторной работе

После оформления отчета Вы должны получить зачет по данной работе, т. е. защитить отчет. Специальное время для защиты отчета не отводится. Не существует и определенной процедуры для этого. И тем не менее Вы должны уметь защитить свой отчет по выполненной работе.

К началу каждого лабораторного занятия обязательно надо сдавать на проверку преподавателю отчет по лабораторной работе, выполненной на предыдущем занятии.

Защита отчетов обычно происходит в начале лабораторного занятия или во время консультации. Протекает она в виде Ваших ответов на вопросы преподавателя.

Если Вы были хорошо подготовлены к работе, правильно формулировали ее цель и задачи, показали глубокие знания теории вопроса, проявили практически полную самостоятельность при сборке установки, проведении измерений и обработке их результатов, а также с соблюдением всех правил оформили отчет по работе, то зачет можете сдавать в начале следующего занятия. Защита в этом случае происходит в виде Ваших кратких ответов на вопросы преподавателя по математической обработке результатов измерений, степени их надежности и достоверности.

Если же Вы плохо были подготовлены к занятию, при допуске к работе показали слабое знание теории вопроса и только с помощью преподавателя собрали установку и выполнили измерения, то защищать отчет будете на консультации. Вопросы в этом случае могут касаться всех этапов выполнения лабораторной работы: от формулировки цели работы до структуры, содержания и оформления отчета.

В отдельных случаях может быть предусмотрено специальное занятие для защиты отчетов, которое завершает цикл работ.

Независимо от способа организации защиты отчета во всех случаях остаются постоянными общие требования. Студент, выполнивший работу, должен уметь:

- отвечать на вопросы по экспериментальной части работы;
- показать приемы работы прямо на установке;
- пояснять выбранный способ обработки результатов и обосновывать сделанные выводы;
- отвечать на каждый из контрольных вопросов по работе или по определенному циклу работ.

Готовясь к защите работы, старайтесь больше обсуждать с товарищами ее особенности и результаты, задавайте друг другу вопросы по выполненным работам. Решите, что для Вас в работе было неожиданным, действительно новым, что показалось очень интересным.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Знания и умения, формируемые в ходе физического практикума

Знания об эксперименте как методе научного познания и исследования.	
Знание этапов деятельности проведения экспериментального исследования.	Умение выделять в выполняемых работах последовательность обязательных общих этапов.
Знание результатов, соответствующих отдельным этапам работы.	Умение выделять для себя результат отдельного этапа: цель и задачи работы; объект и метод исследования; экспериментальные данные; результаты обработки данных опыта; отчет по работе.
Знания о современных измерительных приборах.	Умение использовать прибор для измерений: готовить к работе, выбирать нужный диапазон, определять цену деления шкалы и приборную погрешность.
Знание требований к проведению эксперимента и записи результатов.	Умение проводить измерения: выделять условия опыта, готовить таблицы для записи результатов, проводить опыт, грамотно записывать показания приборов и их характеристики.
Знание способов оценки надежности полученных данных.	Умение проверять и оценивать надежность результатов в ходе опыта.
Знания о назначении сводных таблиц, графиков и требованиях к их оформлению.	Умение представлять результаты опыта и экспериментальные зависимости в виде сводных таблиц и графиков.
Знание методов математической обработки опытных данных и способов указания достоверности результата эксперимента.	Умение вычислять погрешность величин, измеряемых прямо и косвенно, определять аналитически значения коэффициентов полученных зависимостей, указывать погрешность и степень достоверности результата.
Знание правил оформления отчета по работе и обязательных требований к отчету.	Умение составлять отчет по работе: выделять этапы работы, описывать объект и метод исследования, выполнять обработку данных, анализировать полученный результат, сопоставлять его с исходной гипотезой, обосновывать и объяснять расхождение, делать выводы.
Знание общих приемов и правил подготовки и проведения эксперимента.	Умение проводить учебный эксперимент (исследование). Умение использовать эксперимент как метод исследования в дальнейшей работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Обработка экспериментальных результатов. Методические рекомендации. — Л.: ЛПИ, 1981.
2. Измерительные приборы физической лаборатории. Методические указания к лабораторным работам по физике. — Л.: ЛПИ, 1984.
3. Основы физического эксперимента. Описание лабораторных работ.—Л.: ЛПИ, 1977.
4. Электронные явления в полупроводниках. Методические указания к лабораторным работам. — Л.: ЛПИ, 1980.
5. Электричество и магнетизм. Методические указания к лабораторным работам. —Л.: ЛПИ, 1980.
6. Единая система конструкторской документации. Государственный комитет СССР по стандартам. — М., 1979.
7. Правила оформления графиков. Методические указания. — Л.: ЛПИ, 1977.
8. Соловьев В. А., Яхонтова В. Е. Элементарные методы обработки результатов измерений. Учебное пособие. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1977.
9. Деденко Л. Г., Керженцев В. В. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента (в лабораториях общего физического практикума). — М.: Изд-во МГУ, 1977.
10. Сквайрс Д. Практическая физика. — М.: Мир, 1971.