

**Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы
физико-технический факультет
Кафедра общей физики**

**Методические рекомендации
по проведению лабораторного практикума**

Утверждено на заседании

Кафедры общей физики

Протокол № _____

От _____

Гродно 2009

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум является обязательной составляющей изучения курса физики. В течение каждого семестра в процессе выполнения практикума студенты должны выполнить лабораторные работы, тематика и количество которых определены учебной программой курса физики для данной специальности.

Цели лабораторного физического практикума:

1. Изучение наиболее важных разделов физики с использованием экспериментальных методов и применением компьютерного моделирования физических явлений.
2. Знакомство с методикой проведения эксперимента в физических и технических научных исследованиях.
3. Приобретение навыков проведения измерений физических величин и определения их погрешностей.

Выполнение лабораторных работ организовано в учебных лабораториях кафедры общей физики на специальных лабораторных установках. К каждой лабораторной работе прилагается методическое пособие (описание лабораторной работы), в котором излагается краткая теория вопроса, методика выполнения измерений, содержание отчета и список вопросов для самопроверки. Описания лабораторных работ имеются в методических пособиях по практикуму, или в виде брошюр, которые студенты получают у лаборанта данной лаборатории за неделю до начала проведения занятий.

Занятия лабораторного практикума проводят преподаватели кафедры общей физики в соответствии с графиком проведения лабораторных работ, который заранее составляется для каждой специальности на семестр. В течение одного занятия выполняется одна лабораторная работа.

Студенты выполняют лабораторные работы по подгруппам в соответствии с расписанием занятий. Занятие про-

должается четыре академических часа. В середине занятия делается перерыв 10 минут.

Пропущенная по любой причине работа выполняется в дополнительное время, назначаемое преподавателем или лаборантом. Условия отработки занятий, пропущенных по неуважительной причине, определяются заведующим кафедрой по согласованию с деканом факультета.

Для успешного выполнения лабораторной работы и получения зачета за отведенное время студент обязан заранее подготовиться к занятию.

Если в течение аудиторного занятия студент не успел получить зачет по лабораторной работе на текущем занятии, он должен провести необходимую обработку результатов измерений во внеучебное время, правильно оформить отчет и выполнить его защиту на следующем по расписанию лабораторном занятии.

Студент, не получивший зачеты по всем лабораторным работам, к экзамену по физике не допускается в связи с невыполнением учебного плана за семестр.

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАНЯТИЙ В УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Организация учебного процесса в лабораториях кафедры общей физики осуществляется в соответствии с утвержденными на кафедре правилами проведения лабораторных работ, с которыми преподаватель знакомит студентов на первом занятии. На первом занятии в семестре студенты должны пройти инструктаж по охране труда и расписаться в журнале учета инструктажа.

Основные этапы выполнения лабораторной работы включают следующие действия:

1. получение допуска к выполнению лабораторной работы;
2. выполнение измерений;
3. обработка результатов и оформление отчета;
4. защита лабораторной работы.

Все этапы выполнения лабораторной работы студентом преподаватель фиксирует в журнале.

Аудиторное занятие по выполнению лабораторной работы организовано следующим образом.

1. Допуск студентов к лабораторной работе, который проводит преподаватель по выбранной им методике. Отметка о допуске проставляется в журнале.

2. Самостоятельное выполнение измерений каждым студентом под контролем преподавателя или лаборанта. Правильность результатов измерений проверяет преподаватель и отмечает в конспекте у каждого студента.

3. Самостоятельная обработка результатов измерений каждым студентом и индивидуальное получение зачета по лабораторной работе (защита) у преподавателя.

Подготовка к получению допуска для выполнения лабораторной работы является непременным условием для ее правильного, грамотного и наиболее быстрого выполнения. В период подготовки к допуску, которую необходимо прово-

дить заранее во внеучебное время, студент должен выполнить следующее:

1. Изучить основы теории физических явлений, исследуемых в лабораторной работе и основные понятия, относящиеся к этому явлению.

2. Изучить по прилагаемому описанию теоретические основы используемого метода измерений и конкретную методику выполнения измерений, и устройство лабораторной установки, используемой в данной лабораторной работе.

3. Знать вывод рабочих формул, которые используются в лабораторной работе. Понять вид функций и графиков, которые должны быть получены в работе, а также значения рассчитываемых величин или оценки.

4. Понять последовательность обработки результатов измерения.

Основанием для допуска к выполнению лабораторной работы является четкое понимание студентом конечной цели работы, последовательности выполнения измерений и вычислений (знание расчетных формул).

Допуск к выполнению лабораторной работы студент получает, как правило, в результате собеседования с преподавателем индивидуально. Если студент в отведенное для допуска время не показал удовлетворительную подготовленность к выполнению лабораторной работы, преподаватель имеет право не допустить его к выполнению данной лабораторной работы. При этом работа считается невыполненной по неуважительной причине и отрабатывается в установленном порядке.

Выполнение лабораторной работы студенты проводят индивидуально или по подгруппам, состоящим из двух студентов, проводя предписанные методическими указаниями измерения на лабораторной установке или ее компьютерной модели. При фронтальном выполнении работы каждая

подгруппа имеет персональное задание. Результаты измерений студенты должны оформить в виде таблицы, форма которых приведена в методических указаниях к лабораторной работе, и представить на проверку преподавателю. Правильность и полноту проведенных измерений преподаватель отмечает в рабочей тетради каждого студента. Отсутствие отметки в рабочей тетради рассматривается как невыполнение практической части лабораторной работы.

После проведения измерений лаборант или преподаватель проверяет исправность оборудования. При обнаружении неисправности оборудования ответственность за ремонт возлагается на виновных лиц.

Обработку результатов измерения и их представление каждый студент проводит самостоятельно в соответствии с методическими рекомендациями к лабораторной работе. Все расчеты, необходимые для получения окончательных результатов лабораторной работы, должны быть представлены в рабочей тетради студента. Все расчеты должны проводиться в международной системе единиц измерения СИ.

На основе проведенных расчетов в отчете лабораторной работы должны быть построены **экспериментальные графики**, предусмотренные методическими указаниями.

Требования по оформлению графиков приведены ниже.

Построение графиков

При обработке полученного экспериментального материала для того, чтобы получить наглядное представление о зависимости одной физической величины от другой, часто прибегают к построению графиков. Графиками пользуются также для быстрого нахождения значения одной величины (функции) по данному значению другой величины (аргумента). Точность, с которой можно находить значения по графику, ограничивается точностью построения графика и составляет обычно 0,5% измеряемой величины. Кроме того,

иногда пользуются графическими методами вычислений, которые, хотя и не дают большой точности, являются наглядными и простыми.

Систему координат и масштаб величин следует выбирать оптимальными для решения конкретной задачи. Чаще всего используют прямоугольную (декартову) систему координат, в которой положение точки на плоскости определяется двумя координатами: X и Y . Иногда, если в исследуемой задаче имеется какая-либо выделенная точка (центр симметрии), результаты измерений удобнее изображать в полярной системе координат, в которой положение точки определяется радиус-вектором ρ , проведенным к этой точке из начала координат O (полюса), и углом, который составляет радиус-вектор с некоторым избранным направлением.

Значения функции (зависимой величины) откладываются по вертикальной оси, значения аргумента — по горизонтальной. Перед построением графика следует, исходя из пределов, в которых заключены значения функции и аргумента, выбрать разумные масштабы по оси абсцисс и по оси ординат. Эти масштабы выбираются произвольно, независимо друг от друга, но так, чтобы график не был слишком мелким или растянутым по одной из осей. Иногда интервал, в котором заключены значения функции или аргумента, лежит далеко от нуля. В этом случае целесообразно начинать деления на соответствующей оси не

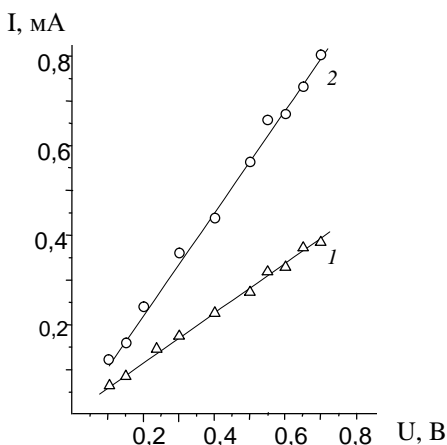


Рис.1. Пример построения графика зависимости силы тока от напряжения, при различных сопротивлениях для линейных электрических цепей.

с нуля, а с некоторого значения, лишь немногим меньшего, чем наименьшее значение, которое надо отложить на этой оси.

Масштабные деления наносят на оси, около них пишут соответствующие цифры. У концов осей пишут обозначения этих величин с указанием единиц измерения. Иногда вдоль осей пишут полностью названия откладываемых величин. Далее, на график острым твердым карандашом наносят соответствующие точки. Для большей наглядности их обычно обводят кружками. Если хотят выделить некоторые точки (например, значения одной и той же физической величины, получаемые разными методами), то, кроме кружков, используют другие символы - прямоугольники, квадратики и т.д.

В том случае, когда ошибка аргумента мала по сравнению с ошибкой в значении функции, на графике величину ошибки функции изображают вертикальным отрезком, на середине которого находится экспериментальная точка. Длина отрезка равна удвоенной величине ошибки в данном масштабе. Отрезок сверху и снизу ограничивается точками.

График следует строить не просто соединяя экспериментальные точки отрезками, а аппроксимируя их соответствующей зависимостью: линейной (прямая линия) или нелинейной (кривая). Вид зависимости определяется из характера физических законов, на которых основывается данная лабораторная работа. Аппроксимирующая прямая (кривая) строится, как можно ближе к каждой из экспериментальных точек (см. метод наименьших квадратов). Примерный вид графика приведен на рисунке 1.

Округление и запись результатов измерений

В окончательной записи погрешность измерения принято выражать числом с одним или двумя значащими цифрами.

Установлены следующие правила округления рассчитанного значения погрешности и полученного результата измерений.

1. Погрешность результата измерения указывается двумя значащими цифрами, если первая из них равна 1 или 2 и одной – если первая есть 3 или более.

Пример: 1. Если абсолютная погрешность начинается с 1 или 2, *например*, (136; 2489; 0,01567; 0,00202; 0,1450), то оставляем две значащие цифры (140; 2500; 0,016; 0,0020; 0,15);

2. Если абсолютная погрешность начинается с 3 и более, *например*, (32; 456; 99; 0,98; 0,0791), то оставляем одну значащую цифру (30; 500; 100; 1; 0,08).

2. Результат измерения округляется до того же десятичного знака, которым оканчивается округленное значение абсолютной погрешности. Если десятичная дробь в числовом значении результата измерений оканчивается нулями, то нули отбрасываются до того разряда, который соответствует разряду числового значения погрешности.

3. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов меньше 5, то остальные цифры числа не изменяются. Лишние цифры в целых числах заменяются нулями, а в десятичных дробях отбрасываются.

Пример: Дано число 45,749, которое нужно округлить до десятых. Первая отбрасываемая цифра – 4 < 5. Следовательно, последняя из сохраняемых цифр (7) не усиливается, т. е. округленное число будет – 45,7.

4. Если цифра старшего из отбрасываемых разрядов больше или равно 5, но за ней следует отличные от нуля цифры, то последнюю оставляемую цифру увеличивают на единицу.

Пример: Дано число 45,769, которое нужно округлить до десятых. Первая отбрасываемая цифра – 6 \geq 5. Следовательно, последняя из сохраняемых цифр (7) усиливается, т. е. увеличивается на единицу. И, таким образом, округленное число будет – 45,8.

5. Если отбрасываемая цифра равна 5, а следующие за ней цифры неизвестны или являются нулями, то последнюю сохраняемую цифру числа не изменяют, если она четная, и увеличивают на единицу, если она нечетная.

Пример: 1. Округляя число 0,0465 до третьего десятичного знака, пишем – 0,046. Усиления не делаем, т. к. последняя сохраняемая цифра (6) – четная.

2. Округляя число 0,0415 до третьего десятичного знака, пишем – 0,042. Усиления не делаем, т. к. последняя сохраняемая цифра (1) – нечетная.

б. Округление производится лишь в окончательном ответе, а все предварительные вычисления проводят с одним-двумя лишними знаками.

Если руководствоваться этими правилами округления, то количество значащих цифр в числовом значении результата измерений позволяет ориентировочно судить о точности измерения. Это связано с тем, что предельная погрешность, обусловленная округлением, равна половине единицы последнего разряда числового значения результата измерения.

Результат измерения величины необходимо записывать вместе с его погрешностью и доверительной вероятностью. Например $\lambda = (635 \pm 8) \text{ нм}$, $P=0,95$.

Измеряемая величина и абсолютная погрешность выражаются в одних единицах измерений.

Оформление отчетов.

В отчетах лабораторных работ указывают:

- 1) номер, название работы и отдельных ее упражнений;
- 2) цель работы;
- 3) схематический рисунок установки, схемы, чертежи с обозначениями отдельных элементов и приборов, пояснения используемых обозначений;
- 4) расчетные формулы для искомых величин и погрешностей;
- 5) предварительную оценку погрешности измерения;
- 6) таблицы с данными, полученными в эксперименте.

В таблицах указывают обозначение и единицы измерения каждой физической величины. В случае отсутствия каких-либо данных ставят прочерк (*но не ноль!*). Если числовые значения какой-то физической величины имеют общий множитель, например, вида $10^{\pm n}$, то в таблицу удобно записывать не саму величину, а уменьшенную или увеличенную в 10^n раз. Например, вместо давления $p=1,1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ в таблицу заносят величину, в 10^5 раз меньшую: $p \cdot 10^{-5} = 1,1 \text{ Па}$.

В обозначении соответствующего столбца таблицы в этом случае указывают новую величину ($p \cdot 10^5$, Па), а в самом столбце записывают только значащие числа (1,1) без многократного повторения множителя. Показания измерительных приборов часто удобно сначала записывать в делениях шкалы, а в соседнем столбце — в единицах измеряемой величины;

7) расчет искомой величины по средним значениям параметров, входящих в расчетную формулу;

8) расчет погрешностей;

9) графики;

10) окончательный результат измерений;

11) выводы и замечания.

Выводы по лабораторной работе — кратко сформулированные итоги обработки результатов измерений. В выводах должна быть представлена следующая информация:

- что и каким методом измерялось;
- какие графики были построены;
- какие результаты были получены.

Также выводы должны содержать анализ полученных результатов с указанием возможных причин отклонения полученных экспериментальных зависимостей от предсказываемых теорией, а также возможные источники погрешностей рассчитанных величин или констант.

Получение зачета по лабораторной работе (защита)

Для получения зачета по лабораторной работе необходимо:

- Правильно выполнить измерения и произвести их обработку.
- Оформить отчет в соответствии с требованиями;
- Знать основы теории физического явления, исследуемого в лабораторной работе.

- Знать теоретические основы используемого в данной лабораторной работе метода измерений и принцип работы лабораторной установки.
- Дать правильную интерпретацию полученных результатов,

Как правило, защита включает в себя ответы на контрольные вопросы, приведенные в конце каждой работы. Зачет фиксируется в журнале.

Получение зачета по лабораторному практикуму

Студенты, выполнившие все работы, и защитившие их, получают зачет по лабораторному практикуму без дополнительного собеседования. Преподаватель имеет право выставить оценку (рейтинговую оценку), в которой будет отражено качество и своевременность выполнения лабораторных работ, а также глубина и полнота ответов при их защите. При использовании накопительной системы оценивания знаний эта оценка будет учитываться преподавателем-экзаменатором при выставлении итоговой оценки по предмету.