

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра теории и методики профессионального образования

Составитель
Ю. В. Струкова

ФИЗИКА

Методические указания
к лабораторным работам
для студентов 2 курса специальности СПО
11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электрон-
ных приборов и устройств»

Рекомендовано цикловой методической комиссией
математических и естественнонаучных дисциплин
для использования в образовательном процессе
в качестве электронного издания

Кемерово 2023

Рецензенты:

Кабачевская Е. В. – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и методики профессионального образования.

Струкова Юлия Викторовна

Физика : методические указания к лабораторным работам для студентов 2 курса специальности СПО 11.02.16 «Монтаж, техническое обслуживание и ремонт электронных приборов и устройств» очной формы обучения / сост. Ю. В. Струкова; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2023. – Текст : электронный.

В методических материалах приведено содержание выполнения лабораторных работ по дисциплине «Физика».

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2023
© Струкова Ю. В.,
составление, 2023

Оглавление

Пояснительная записка	3
Лабораторная работа № 1 Изучение последовательного соединения проводников	5
Лабораторная работа № 2 Изучение параллельного соединения проводников	6
Лабораторная работа № 3 Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока	8
Лабораторная работа № 4 Изучение явления электромагнитной индукции.....	9
Лабораторная работа №5 Определение показателя преломления стекла	11
Лабораторная работа № 6 Измерение длины световой волны при помощи дифракционной решетки	13
Лабораторная работа №7 Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям	14
Лабораторная работа № 8 Изучение работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом	17
Приложения.....	19

Пояснительная записка

Лабораторные работы выполняются в рамках рабочей программы по дисциплине и рассчитаны на 1-2 академических часа.

Перед выполнением лабораторных работ необходимо иметь допуск. Для допуска необходимо оформить лабораторную работу согласно образцу:

- название работы
- цель работы
- приборы и оборудование
- сделать рисунок оборудования и (или) схему
- кратко описать ход работы
- начертить таблицу, в которой должны быть отмечены все физические величины, которые придется измерять и вычислять (в том числе и промежуточные), с указанием единиц их измерения.

Приступая к выполнению лабораторной работы, следует придерживаться следующей последовательности действий:

1. определить цену деления всех имеющихся приборов, с которыми придется работать;
2. определить абсолютные погрешности показаний этих приборов (правила вычисления погрешностей см. в приложении 2);
3. определить абсолютные погрешности всех заранее известных величин и констант;
4. точно следуя порядку действий, указанных в ходе работы, произвести измерения, результаты занести в таблицу, при необходимости построить графики (см. в приложении 3);
5. приступить к расчетам, используя правила подсчета цифр (правила подсчёта см. в приложении 1);
6. подсчитать абсолютную и относительную погрешности искомой физической величины (величин) (см. приложение 2);
7. записать окончательный результат с учетом абсолютной и относительной погрешностей;
8. отталкиваясь от названия и цели работы, сделать вывод.

Вывод пишется от третьего лица, в окончательном результате указываются все искомые физические величины. Следует также

проверить, является ли найденная вами величина табличным значением. Если это так, то её необходимо сравнить со значением, взятым из таблицы учебника. При верно выполненной работе разность между табличным значением и найденной величиной должна быть по модулю меньше или равна абсолютной погрешности, взятой из окончательного результата. В противном случае нужно выполнить работу заново: начертить новую таблицу, произвести необходимые измерения и т.д.

Защита лабораторных работ проводится по контрольным и дополнительным вопросам из темы лабораторной работы, поэтому при подготовке рекомендуется изучить данную тему по курсу лекций или учебнику.

Лабораторная работа № 1

Изучение последовательного соединения проводников

Цель: экспериментально проверить законы для последовательного соединения проводников.

Оборудование: источник электропитания; амперметр; вольтметр; резистор R_1 ; резистор R_2 ; ключ; соединительные провода.

Ход работы:

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

I, A	U_1, B	U_2, B	U_{12}, B	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_{12}, Ом$	$\frac{U_1}{U_2}$	$\frac{R_1}{R_2}$
значение								

2. Нарисуйте в тетради схему электрической цепи (рис.1).

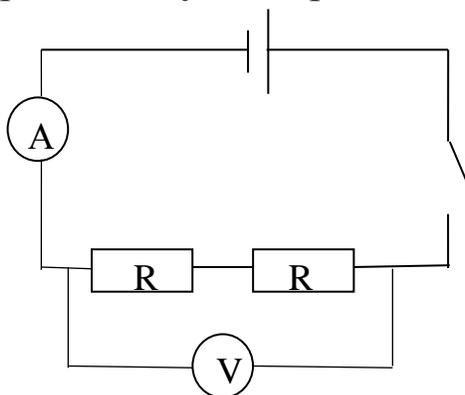


Рис. 1

3. Соберите электрическую цепь.
4. Определите цену деления измерительных приборов – амперметра и вольтметра.
5. Сделайте необходимые измерения:
 - а) Замкните цепь. Измерьте общую силу тока в цепи I и общее напряжение U_{12} .
 - б) Измените цепь, подключив вольтметр к первому резистору R_1 .

- в) Измерьте напряжение U_1 .
- г) Измените цепь, подключите вольтметр ко второму резистору R_2 .
- д) Измерьте напряжение U_2 .
6. Сделайте расчёты:
- а) Рассчитайте по формуле общее напряжение $U_{12} = U_1 + U_2$ и сравните с показаниями вольтметра U_{12} . Сделайте вывод о справедливости закона для напряжения.
- б) Рассчитайте сопротивление $R_{12} = R_1 + R_2$.
- в) Вычислите отношения $\frac{U_1}{U_2}$ и $\frac{R_1}{R_2}$, проверьте справедливость равенства $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$.
7. Сделайте вывод о проделанной работе.
8. Дайте ответы на вопросы:
- а) Как называется прибор для измерения силы тока?
- б) Как называется прибор для измерения напряжения?
- в) Как включается в цепь амперметр для измерения силы тока? В чем особенности такого соединения?

Лабораторная работа № 2

Изучение параллельного соединения проводников

Цель: экспериментально проверить законы для параллельного соединения проводников.

Оборудование: источник тока, амперметр, вольтметр, резистор R_1 , резистор R_2 , ключ, соединительные провода.

Ход работы:

1. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

U, B	$I_1 A$	$I_2 A$	$I_{12} A$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_{12}, Ом$	$\frac{I_1}{I_2}$	$\frac{R_2}{R_1}$
значение								

2. Нарисуйте в тетради схему электрической цепи (рис. 2).

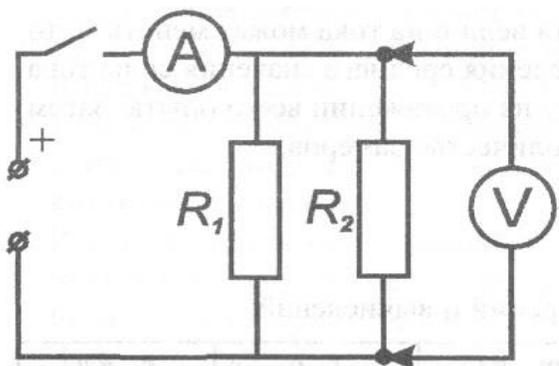


Рис. 2

3. Соберите электрическую цепь.

4. Определите цену деления измерительных приборов – амперметра и вольтметра.

5. Сделайте необходимые измерения:

а) Измерьте общее напряжение в цепи U и общую силу тока I_{12} .

б) Измените схему установки так, чтобы измерить силу тока I_1 и напряжение U_1 на первом резисторе.

в) Измените цепь, измерьте силу тока I_2 и напряжение U_2 на втором резисторе.

6. Сделайте расчёты:

а) Рассчитайте по формуле общую силу тока $I_{12} = I_1 + I_2$ и сравните с показаниями амперметра I_{12} . Сделайте вывод о справедливости закона для силы тока.

б) Рассчитайте сопротивление R_{12} из формулы $\frac{1}{R_{12}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$, проверьте её справедливость.

в) Вычислите отношения $\frac{I_1}{I_2}$ и $\frac{R_2}{R_1}$, и проверьте справедливость равенства $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$.

7. Сделайте вывод о проделанной работе.
8. Дайте ответ на вопрос: изменятся ли показания вольтметра, если к двум параллельно соединенным резисторам добавить еще один, параллельно?

Лабораторная работа № 3

Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

Цель: измерить ЭДС и косвенно вычислить внутреннее сопротивление источника тока.

Оборудование: источник тока, амперметр, вольтметр, сопротивление, ключ, электрическая лампочка, соединительные провода.

Ход работы:

1. Нарисуйте в тетради схему электрической цепи (рис. 3):

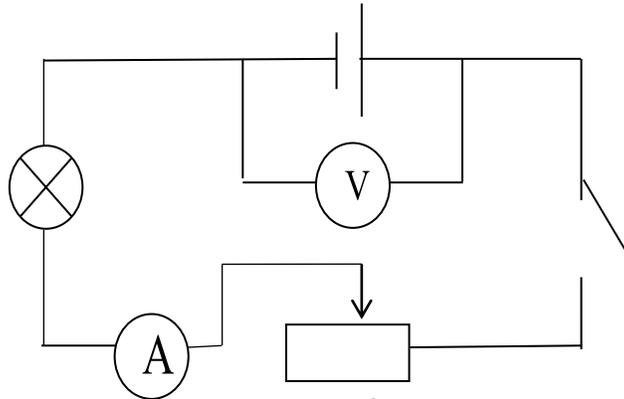


Рис. 3

2. Соберите электрическую цепь по схеме.
3. Определите цену деления измерительных приборов – амперметра и вольтметра.

4. Сделайте необходимые измерения:

а) Не замыкая цепь, измерьте вольтметром ЭДС источника тока:

$$\varepsilon = \text{_____ В.}$$

б) Замкните цепь и снимите показания амперметра и вольтметра:

$$I = \text{_____ А;}$$

$$U = \text{_____ В.}$$

5. Сделайте расчёты:

а) (1б) Определите внутреннее сопротивление источника тока по формуле:

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I}$$

$$r = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Ом.}$$

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$\varepsilon, \text{ В}$	$U, \text{ В}$	$I, \text{ А}$	$r, \text{ Ом}$

7. Сделайте вывод о проделанной работе.

8. Дайте ответ на вопрос: почему показания вольтметра при разомкнутом и замкнутом ключе различны?

Лабораторная работа № 4

Изучение явления электромагнитной индукции

Цель: убедиться в выполнении закона электромагнитной индукции и правила Ленца.

Оборудование: миллиамперметр, источник тока, две катушки с сердечниками, ключ, соединительные провода, магнитная стрелка, цветные карандаши.

Ход работы:

1. Соберите электрическую цепь, соединив клеммы миллиамперметра и катушки (рис.4).

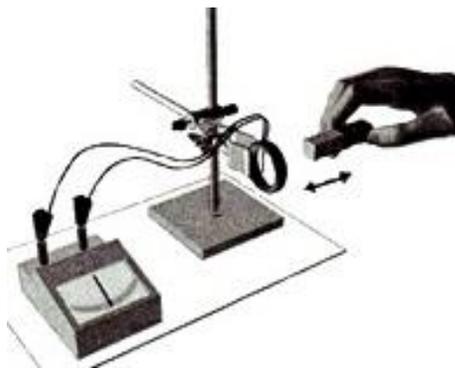
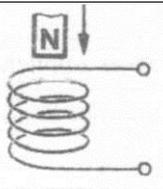
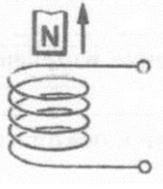
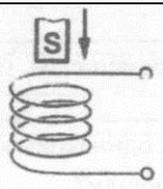
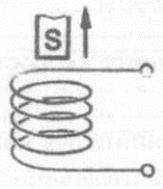


Рис. 4

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов наблюдений:

№ опыта	Схема опыта	Вывод из опыта
1		
2		
3		
4		

3. Сделайте опыты и запишите свои наблюдения в таблицу:

Опыт №1

а) Вводите магнит северным полюсом внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра. Изменяйте скорость магнита. Что наблюдаете при этом?

б) Зарисуйте схему этого опыта в таблицу, указав направление тока в цепи (с помощью правила Ленца).

Опыт №2

а) Повторите опыт №1, выдвигая магнит северным полюсом из катушки.

б) Зарисуйте схему этого опыта в таблицу, указав направление тока в цепи (с помощью правила Ленца).

Опыт №3

а) Вводите магнит южным полюсом внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра. Изменяйте скорость магнита. Что наблюдаете при этом?

б) Зарисуйте схему этого опыта в таблицу, указав направление тока в цепи (с помощью правила Ленца).

Опыт №4

в) Повторите опыт №3, выдвигая магнит южным полюсом из катушки.

г) Зарисуйте схему этого опыта в таблицу, указав направление тока в цепи (с помощью правила Ленца).

4. Сделайте вывод о проделанной работе.

5. Дайте ответ на вопрос: в катушку вдвигают магнит один раз быстро, другой раз медленно. Одинаковый ли заряд переносится при этом по катушке?

Лабораторная работа №5

Определение показателя преломления стекла

Цель работы: вычислить показатель преломления стекла.

Оборудование: стеклянная пластинка с двумя плоскопараллельными гранями, 4 булавки, линейка, карандаш, транспортир, таблица Брадиса.

Ход работы:

1. Сделайте опыт (рис. 5):

а) Стеклянную пластинку плашмя положите на лист бумаги, обведите её контур.

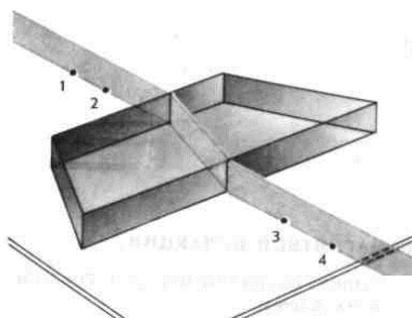


Рис. 5

б) С одной стороны стекла наколите две булавки так, чтобы прямая, проведенная через них, не была перпендикулярна одной из параллельных граней пластинки.

в) С другой стороны пластинки вколите еще две булавки так, чтобы, смотря вдоль всех булавок через стекло, видеть их расположенными на одной прямой.

г) Снимите стекло и булавки, отметьте, места наколов точками – **1, 2, 3, 4** и проведите через них линии до пересечения с границами стекла. Проведите через точки **2** и **3** перпендикуляры к преломляющим поверхностям (как показано на рис.6).

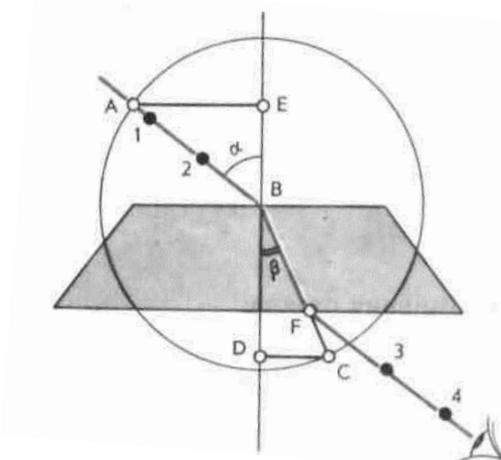


Рис. 6

2. Сделайте необходимые измерения:

а) Измерьте с помощью транспортира угол падения α и угол преломления β .

б) Определите синусы измеренных углов.

3. Сделайте расчёты: вычислите показатель преломления n стекла по формуле:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}.$$

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№ опыта	α	$\sin \alpha$	β	$\sin \beta$	n
<i>1</i>					

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

Дайте ответ на вопрос: что происходит при переходе луча в оптически менее плотную среду с углом преломления?

Лабораторная работа № 6 Измерение длины световой волны при помощи дифракционной решетки

Цель: экспериментально измерить длину световой волны для красного и фиолетового участка спектра.

Оборудование: дифракционная решетка, штатив, линейка с держателем для решетки и черным экраном со щелью посередине, который может перемещаться вдоль линейки, источник света.

Ход работы:

1. Соберите экспериментальную установку (рис. 7). Рассматривая щель в экране сквозь дифракционную решетку, наблюдайте дифракционные спектры. Установите решетку в держателе так, чтобы полосы спектра располагались параллельно шкале экрана.

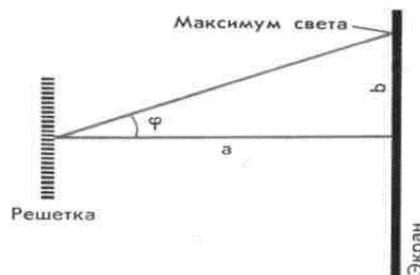
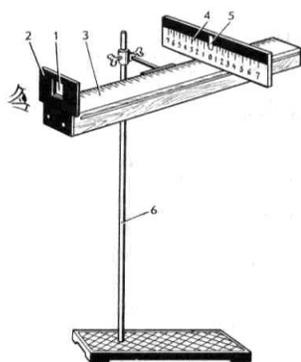


Рис. 7

2. Сделайте опыт и необходимые измерения:

- а) Измерьте расстояние a – расстояние от решетки до экрана.
б) Измерьте расстояние b до фиолетового края спектра справа или слева от центра щели в экране.

3. Сделайте расчёты:

- а) вычислите длины волн фиолетового и красного света по формуле:

$$\lambda = \frac{db}{ka}$$

где λ – длина световой волны; k – номер максимума; d – период дифракционной решётки.

$$\lambda_{\text{фиол}} = \text{_____ м};$$

$$\lambda_{\text{крас}} = \text{_____ м}.$$

- б) Сравните полученные результаты с табличными данными для длин волн фиолетового и красного света.

4. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

Цвет излучения	d , м	k	a , м	b , м	λ , м
Фиолетовый		1			
Красный		1			

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

- 6. Дайте ответ на вопрос:** чем отличается дифракционный спектр от дисперсионного?

Лабораторная работа №7

Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям

Цель: определить удельный заряд неизвестной частицы по фотографии ее трека.

Оборудование: фотографии треков, угольник, карандаш.

Ход работы:

1. Сделайте в тетради заготовку для выполнения работы:

а) Для того чтобы идентифицировать частицу, перенесите треки частиц с фотографий в рабочую тетрадь.

б) На рис. 8 (трек **1** принадлежит протону, трек **2** – частице, которую надо идентифицировать).

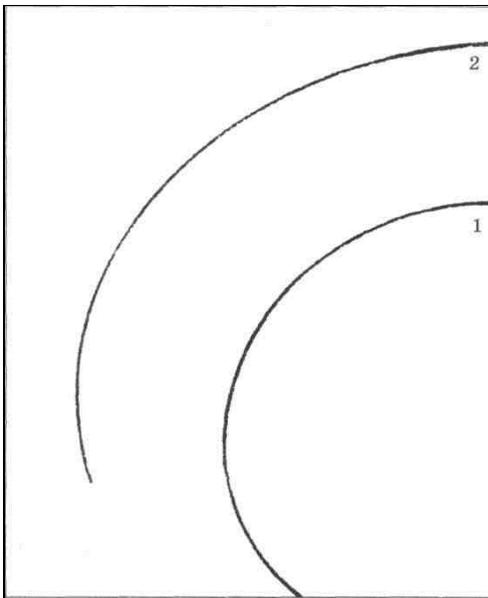


Рис. 8

Идентификация неизвестной частицы осуществляется путем сравнения ее удельного заряда $\frac{q}{m}$ с удельным зарядом протона. Это можно сделать, измерив и сравнив радиусы треков частиц на начальных участках треков.

2. Сделайте необходимые измерения:

а) Определите радиус кривизны трека частицы 1. Для этого начертите две хорды на начальном участке трека как на рис. 9 и восстановите в их середине перпендикуляры, точка пересечения которых есть центр окружности радиуса R_1 .

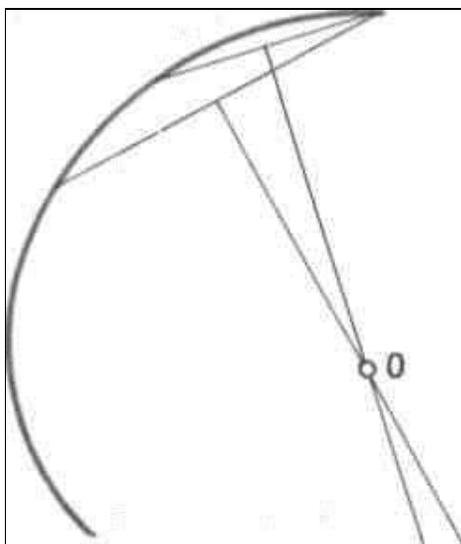


Рис. 9

Измерьте R_1 .

$$R_1 = \text{_____ м.}$$

б) Аналогично определите радиус R_2 кривизны трека частицы **2** в начале ее пробега.

$$R_2 = \text{_____ м.}$$

3. Сделайте необходимые расчёты:

а) Найдите отношение $\frac{q_1}{m_1}$

$$\frac{q_1}{m_1} = \text{_____}$$

б) Найдите отношение $\frac{R_2}{R_1}$;

$$\frac{R_2}{R_1} = \text{_____}$$

в) Вычислите по формуле $\frac{q_1}{m_1} \div \frac{q_2}{m_2} = \frac{R_2}{R_1}$ удельный заряд не-

известной частицы:

$$\frac{q_2}{m_2} = \frac{q_1}{m_1} \div \frac{R_2}{R_1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

R_1	R_2	$\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{q_1}{m_1}$	$\frac{q_2}{m_2}$

5. Определите, какой частице принадлежит трек 2:

$${}^0_{+1}e, p, {}^3_1H, \alpha.$$

6. Сделайте вывод о проделанной работе.

7. Дайте ответ на вопрос: как влияет магнитное поле на движение заряженной частицы?

Лабораторная работа № 8

Изучение работы фотоэлемента с внешним фотоэффектом

Цель работы: выяснить зависимость фототока насыщения от интенсивности падающего излучения.

Оборудование: вакуумный фотоэлемент, микроамперметр, вольтметр, источник напряжения, соединительные провода, источник света.

Ход работы:

1. Нарисуйте в тетради схему электрической цепи (рис. 10)

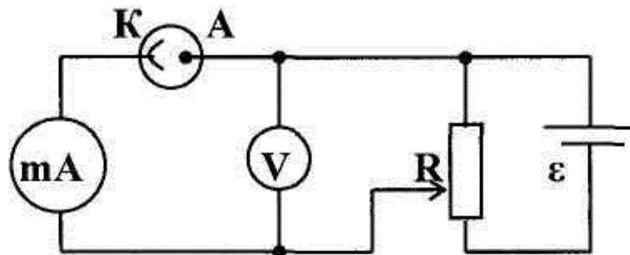


Рис. 10

2. Соберите электрическую цепь по схеме.

3. Определите цену деления измерительных приборов – амперметра и вольтметра.

4. Сделайте необходимые измерения:

а) Разместите источник излучения на расстоянии 10 – 15 см от фотоэлемента и включите его, осветив фотоэлемент.

Изменяя напряжение на фотоэлементе, фиксируйте значения напряжения и силы тока. Измерения проводите до тех пор, пока ток не перестанет меняться. Проведите еще два измерения при напряжениях, больших напряжения тока насыщения.

б) Данные занесите в таблицу.

№	U , В	I , А	$I_{\text{нас}}$, А
1			
2			
...			

в) По данным таблицы постройте вольт - амперную характеристику.

г) Укажите значение тока насыщения.

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

Приложения

Приложение 1

1. Правила записи чисел

В десятичной системе любое число записывают с помощью цифр 0, 1, 2, ..., 9. Перечисленные цифры, кроме нуля, называют *значащими*. Ноль тоже относят к значащим цифрам, если он стоит в середине или в конце числа.

Например, *все выделенные* цифры в числе 00648,3600 являются значащими.

Результаты физических и технических экспериментов принято записывать только значащими цифрами. Наиболее удобна следующая запись: *запятую ставят после первой отличной от нуля цифры, а значащую часть числа умножают на десять в соответствующей целой степени.*

Например, вместо 0,000567 пишут $5,67 \cdot 10^{-4}$, а вместо 3450000 пишут $3,45 \cdot 10^6$.

2. Округление результатов промежуточных расчетов

Количество значащих цифр в промежуточных расчётах не должно быть слишком большим. Как правило, числа, получаемые при работе с калькулятором, необходимо округлять, оставляя не более 4-5 значащих цифр.

Приведем примеры округления чисел до четырех значащих цифр:

$$0,0874425 \approx 0,08744;$$

$$784,648 \approx 784,6;$$

$$369279 \approx 369300.$$

3. Правило округления абсолютной погрешности

Количество значащих цифр абсолютной погрешности *не должно быть более двух.*

Две цифры оставляют в том случае, если первая значащая цифра погрешности «1» или «2». Если первая цифра больше «2», то абсолютную погрешность округляют так, чтобы оставалась *одна значащая цифра* (см. далее примеры).

4. Правила округления и записи результата

Результат прямого или косвенного измерения (x или Y) должен быть округлен (или уточнен) с учетом погрешности измерения: *разряд последней цифры результата должен совпадать с разрядом последней значащей цифры погрешности.*

Результат записывается с указанием погрешности, определяющей доверительный интервал, с соответствующими единицами измерения:

$$Y = Y \pm \Delta Y \quad (1)$$

5. Правило сравнения результатов

Пусть истинное значение изучаемой величины известно или в процессе работы одна и та же величина определяется разными способами.

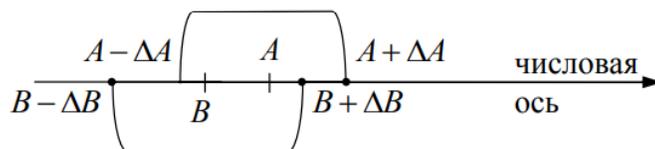


Рис. 1

Значения двух величин A и B считаются совпадающими, если их доверительные интервалы перекрываются (рис. 1).

В этом случае, очевидно, выполняется соотношение:

$$|A - B| \leq \Delta A + \Delta B \quad (2)$$

1. Погрешности физических измерений

Целью эксперимента является определение численного значения физической величины. *Истинное значение* физической величины – это такое значение, которое идеальным образом отображает соответствующие свойства объекта. Определение значения физической величины опытным путем с помощью специальных технических средств называется *измерением*.

2. Прямые и косвенные измерения

Прямым измерением называют измерение, при котором значение физической величины находят непосредственно из опытных данных, как показания использованных измерительных приборов. **Косвенное измерение** – такое, при котором значение физической величины находят на основании известной зависимости между этой величиной и другими величинами, определяемыми путем прямых измерений, то есть вычисляют по формуле.

Например, требуется определить *ускорение тела* при его прямолинейном равноускоренном движении без начальной скорости. Прямым измерением определяются время t (по секундомеру) и путь S (по линейке). Ускорение a определяется в результате косвенного измерения, то есть вычисляется по формуле $a = 2S / t^2$, которая следует из соотношения $S = at^2 / 2$.

При проведении измерений вследствие несовершенства методов и средств измерений, непостоянства внешних условий получают не истинное, а приближенное значение физической величины. Процесс измерения можно считать законченным только тогда, когда указано не только значение измеренной величины, но и возможное отклонение его от истинного значения – погрешность.

3. Точность измерений. Погрешность измерений

Точность измерений определяется близостью результата измерения к истинному значению измеряемой величины. Точность измерений характеризуется **погрешностью измерения**.

По форме числового выражения различают два вида погрешности: *абсолютную* и *относительную*.

Абсолютная погрешность Δx – величина возможного отклонения измеренного значения $x_{\text{измер}}$ от истинного. Абсолютная погрешность выражается в единицах измеряемой величины и определяет границы числового интервала, в котором с вероятностью, близкой к единице, содержится истинное значение величины x (рис. 1).

Для истинного значения величины x справедливо соотношение:

$$x_{\text{измер}} - \Delta x \leq x \leq x_{\text{измер}} + \Delta x \quad (3)$$

Числовой интервал $2\Delta x$, в котором с вероятностью, близкой к единице, содержится истинное значение величины x , называется *доверительным интервалом*.

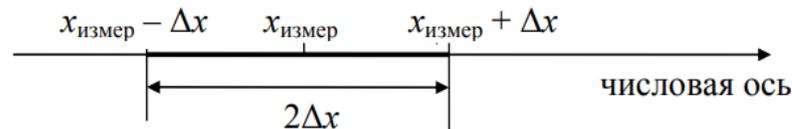


Рис. 2

Относительная погрешность ε_x – безразмерная величина, равная отношению абсолютной погрешности к измеренному значению величины, может быть выражена в процентах:

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{измер}}} \quad \text{или} \quad \varepsilon_x = \frac{\Delta x}{x_{\text{измер}}} 100\% \quad (4)$$

Случайная погрешность

Выполнив n измерений величины x при неизменных условиях опыта, получим ее значения: $x_1, x_2, x_3, \dots, x_i, \dots, x_n$. Разброс значений x_i связан со случайной погрешностью измерения величины x . Наилучшим приближением к истинному значению измеряемой величины x является среднее арифметическое измеренных значений:

$$x_{\text{ср}} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i + \dots + x_n}{n} \quad (5)$$

Степень разброса результатов измерения и случайную погрешность можно оценить по величине среднего отклонения результатов от среднего значения:

$$\Delta x_{\text{случ}} = \frac{|x_{\text{ср}} - x_1| + |x_{\text{ср}} - x_2| + \dots + |x_{\text{ср}} - x_i| + \dots + |x_{\text{ср}} - x_n|}{n} \quad (6)$$

где x_i – (i -ое – любое, некоторое) значение измеренной величины; $x_{\text{ср}}$ – среднее арифметическое значение, рассчитанное по формуле (3); n – количество измерений одной и той же величины в одних и тех же условиях.

Приборная погрешность

Приборная погрешность $\Delta x_{\text{пр}}$ – разность между показанием прибора и истинным значением измеряемой величины. Погрешность средства измерения является систематической, то есть даёт отклонение измеренной величины от истинного значения в одну сторону, но мы никогда не знаем, в какую именно. Любой прибор позволяет проводить измерения лишь с определенной точностью, погрешность зависит от вида прибора.

а) В приборах, у которых переход от одного значения к другому осуществляется скачком (стрелочный секундомер, весы с разновесами), инструментальная погрешность равна величине скачка.

б) Инструментальная погрешность приборов, снабженных нониусом (штангенциркуль, микрометр), равна точности нониуса:

$$\text{Точность нониуса} = \frac{\text{цена деления основной шкалы}}{\text{число делений нониуса}}$$

с) Погрешности электроизмерительных стрелочных приборов рассчитываются по классу точности. Класс точности K определен отношением абсолютной погрешности Δx к используемому пределу измерения прибора X_{max} и выражен в процентах

$$K = \frac{\Delta x}{X_{\text{max}}} \cdot 100\% \quad (7)$$

Следовательно, *абсолютная погрешность* измерения данным прибором рассчитывается по формуле:

$$\Delta x = \frac{K}{100} \cdot X_{\text{max}} \quad (8)$$

Электроизмерительные приборы имеют восемь классов точности: $K=(0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0)$. Чем выше класс точности, тем меньше значение K и меньше погрешность измерения.

д) Погрешность измерения цифровыми приборами рассчитывается по формулам, представленным в паспорте прибора.

е) Для прочих приборов с делениями (линейка, транспортир, термометр и т. п.) в качестве инструментальной погрешности принимается погрешность отсчёта, равная половине цены деления шкалы прибора.

Полная погрешность прямых измерений

Результирующая погрешность прямого измерения рассчитывается по формуле:

$$\text{если } \Delta x_{\text{сл}} \ll \Delta x_{\text{пр}}, \text{ то } \begin{cases} \Delta x_{\text{прям}} = \Delta x_{\text{пр}} + \Delta x_{\text{сл}} \\ \Delta x_{\text{прям}} \approx \Delta x_{\text{пр}} \end{cases} \quad (9)$$

В случае, если $\Delta x_{\text{сл}} \gg \Delta x_{\text{пр}}$, погрешностью средства измерений можно пренебречь. Однако, это одновременно говорит о том, что эксперимент проведен некачественно. Необходимо увеличить число измерений, чтобы уменьшить случайную погрешность. Если данная физическая величина измеряется один раз, то в качестве погрешности прямого измерения берут инструментальную погрешность $\Delta x_{\text{пр}}$. Значение результата прямых измерений записывается в виде

$$x = x_{\text{ср}} \pm \Delta x \quad (10)$$

Погрешность косвенных измерений

Результатом косвенных измерений является величина Y , рассчитанная по соответствующей формуле с использованием средних значений результатов прямых измерений. Погрешность косвенно измеряемой величины определяется погрешностями величин, полученных в процессе прямых измерений, а также погрешностями табличных данных и других постоянных, входящих в расчетную формулу.

Формула для вычисления *относительной погрешности* косвенного измерения

$$\varepsilon_Y = \frac{\Delta Y}{Y} \quad (11)$$

зависит от вида расчётной формулы для Y и приводится в описании каждой лабораторной работы. *Абсолютная погрешность* косвенного измерения ΔY очевидно может быть рассчитана по формуле:

$$\Delta Y = Y \cdot \varepsilon_Y \quad (12)$$

1. Построение графиков

При изучении зависимости одной измеряемой величины от другой целесообразно представить результаты в форме графика. Главное достоинство графика – его наглядность. График позволяет получить общее качественное представление о характере зависимости, а также судить о соответствии экспериментальных данных той или иной теоретической зависимости. На графиках легко видеть “выпадение” точек, которые, как правило, соответствуют наблюдениям с грубыми погрешностями (промахами).

Графики следует строить на листах миллиметровой бумаги. Масштаб графика по обеим осям нужно выбирать так, чтобы предполагаемые зависимости обладали наибольшей наглядностью и заполняли большую часть графика.

Поле графика заключают в прямоугольную рамку, согласуя ее с основными линиями сетки. Стрелки на концах экспериментальных графиков не ставят (стрелки принято ставить лишь на иллюстрационных графиках качественного характера, построенных в произвольном масштабе).

На концах осей (если на оси используется лишь интервал, то и в начале оси) нужно указать обозначение соответствующих физических величин и единицы измерений этих величин. Учитывая, что миллиметровая бумага имеет очень мелкую сетку, оцифровывать нужно лишь деления крупной сетки. Допустимые значения, определяющие масштабы, следующие: 0,1,2,3,...; 0,2,4,6,.....; 0,5,10,.... Эти значения могут быть умножены на $10^{\pm n}$. Не следует наносить на оси числовые значения величин, полученных в ходе опыта!

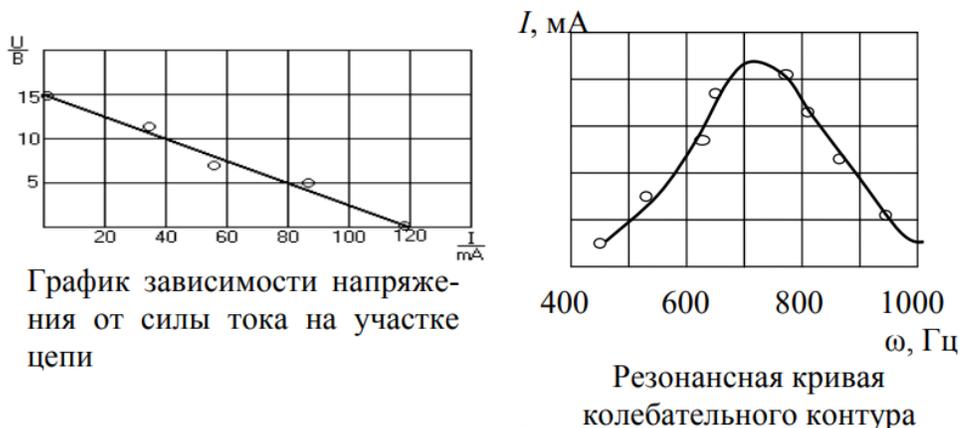


Рис. 3

Размеры экспериментальных точек должны быть соотнесены с погрешностями измерения соответствующих величин. Линия графика должна быть гладкой, она проводится так, чтобы по обе стороны от нее располагалось примерно одинаковое число “выпадающих” точек.

Под графиком должно быть подписано пояснение или название. Возможные варианты графического представления результатов показаны на рис. 3.

2. Нахождение физических величин по графику

Часто графики строятся с целью нахождения различных физических величин. Проще всего это сделать, если искомая физическая величина является коэффициентом пропорциональности в линейной функции $y = k \cdot x + y_0$ (например, жесткость пружины является коэффициентом пропорциональности между значениями силы упругости пружины и деформации).

Рекомендуемая последовательность действий:

1) нанести на график точки, соответствующие измеренным значениям;

2) провести оптимальную прямую через эти точки, таким образом, что бы количество экспериментальных точек, расположенных выше и ниже оптимальной прямой, было примерно равным (см. рис. 4);

3) ограничить полосу, в которой находятся точки, прямыми, параллельными оптимальной линии и проходящими через наиболее

удаленные от оптимальной прямой точки (на рис. 4 – штриховые линии);

4) определить тангенс угла наклона оптимальной прямой по формуле

$$k = \operatorname{tg}\alpha = \frac{y_m - y_0}{x_0} \text{ в соответствующих единицах измерения.}$$

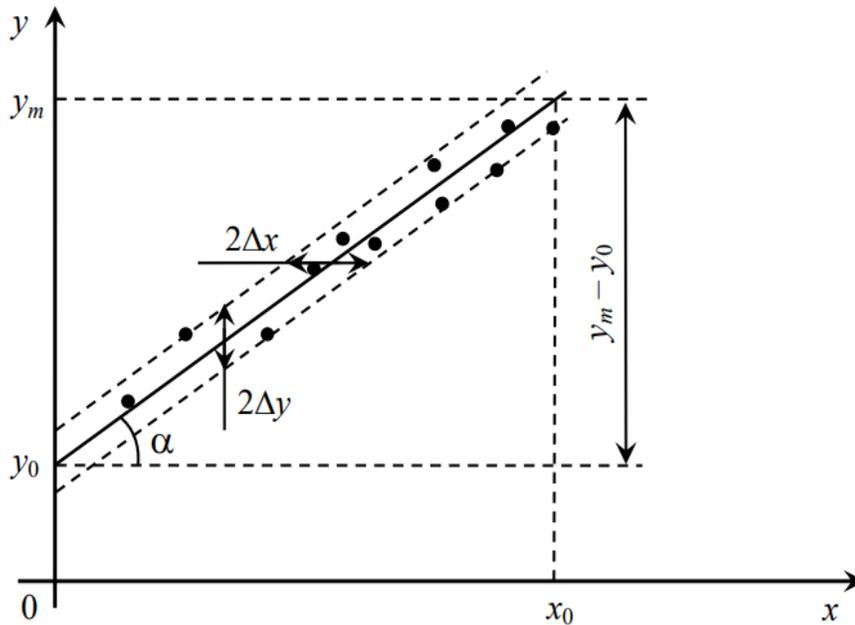


Рис. 4

Погрешность искомой физической величины определяется по формулам

$$\delta k = \frac{\Delta y}{y_m} + \frac{\Delta x}{x_0}, \quad \Delta k = k \cdot \delta k \quad (13)$$

Абсолютные погрешности Δy и Δx определяются из графика, как показано на рис. 4, по соответствующим расстояниям между вспомогательными штриховыми линиями.