

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

Институт профессионального образования
Кафедра теории и методики профессионального образования

Юлия Викторовна Струкова

ФИЗИКА

Методические материалы к лабораторным работам

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

Кемерово 2024

Рецензенты: Кабачевская Е.В. – канд. пед. наук, доцент, заведующая кафедрой теории и методики профессионального образования ИПО ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Струкова, Ю.В. Физика: Методические материалы к лабораторным работам для студентов всех специальностей СПО очной формы обучения / сост. Ю. В. Струкова; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. – Текст: электронный.

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

© Кузбасский государственный
технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, 2024
© Струкова Ю. В.
составление, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка	3
Общие рекомендации к выполнению лабораторных работ	5
Лабораторная работа №1 Измерение силы трения скольжения и сравнение ее с весом тела	7
Лабораторная работа № 2 Изучение закона сохранения механической энергии.....	9
Лабораторная работа №3 Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести	11
Лабораторная работа №4 Измерение относительной влажности воздуха	13
Лабораторная работа №5 Изучение последовательного и параллельного соединений проводников.....	13
Лабораторная работа №6 Определение коэффициента полезного действия электрического чайника.....	16
Лабораторная работа №7 Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока	18
Лабораторная работа №8 Изучение явления электромагнитной индукции.....	20
Лабораторная работа №9 Определение ускорения свободного падения при помощи маятника	23
Лабораторная работа №10 Определение показателя преломления стекла.....	24
Лабораторная работа № 11 Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы	26
Список литературы	28
Приложения	29

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:

определить цену деления всех имеющихся приборов, с которыми придется работать;

определить абсолютные погрешности показаний этих приборов (правила вычисления погрешностей см. в приложении 2);

определить абсолютные погрешности всех заранее известных величин и констант;

точно следуя порядку действий, указанных в ходе работы, произвести измерения, результаты занести в таблицу, при необходимости построить графики (см. в приложении 3);

приступить к расчетам, используя правила подсчета цифр (правила подсчёта см. в приложении 1);

подсчитать абсолютную и относительную погрешности искомой физической величины (величин) (см. приложение 2);

записать окончательный результат с учетом абсолютной и относительной погрешностей;

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.

Общие рекомендации к выполнению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются в рамках рабочей программы по дисциплине и рассчитаны на 2-4 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 так-

же 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

Измерение силы трения скольжения и сравнение ее с весом тела

Цель работы: научиться измерять силу трения, исследовать зависимость силы трения от веса тела.

Оборудование: направляющая рейка (трибометр), каретка, набор грузов, динамометр.

Ход работы:

1. Для записи результатов измерений подготовьте таблицу:

№ опыта	Вес каретки, Н	Вес груза, Н	Вес каретки с грузом, Н	Сила трения, Н
1.				
2.				
3.				

2. Проведите опыты и измерения с предложенным оборудованием:

а) Подвесьте каретку к динамометру и определите её вес.

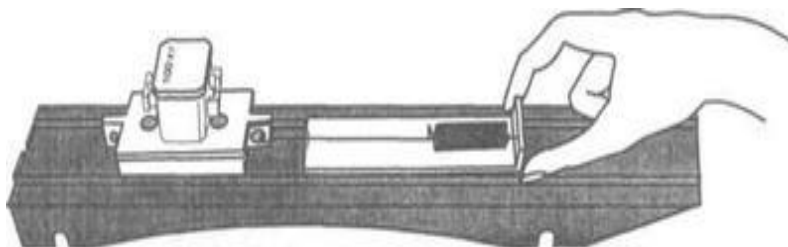


Рис. 1 Каретка с динамометром

б) Положите перед собой направляющую рейку так, чтобы она расположилась на поверхности стола горизонтально, как показано на рис 1.

в) На направляющую рейку положите каретку и прикрепите к ней динамометр. Придерживая одной рукой направляющую рейку, в другую руку возьмите динамометр и потяните за него так, чтобы он и каретка стали бы равномерно перемещаться вдоль рейки. Величина силы, которую при этом покажет динамо-

метр, будет равна величине силы трения между поверхностями рейки и каретки.

г) Занесите в таблицу результаты измерений, полученные в первом опыте.

д) Измерьте вес одного груза.

е) Вычислите и занесите в таблицу общий вес каретки с грузом.

ж) Установите груз на верхней поверхности каретки, повторите опыт и занесите в таблицу измеренное значение силы трения.

з) Подвесьте к динамометру два груза и определите их общий вес.

и) Оба груза установите на каретке и определите силу трения для каретки с двумя грузами.

3. Постройте график (рис. 2) зависимости силы трения от веса тела. Как меняется сила трения при изменении веса тела

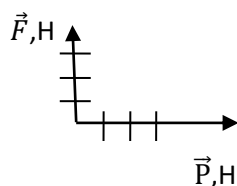


Рис. 2 График зависимости силы трения от веса тела

4. По графику определите коэффициент трения.

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа № 2

Изучение закона сохранения механической энергии

Цель работы: научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и деформированной пружины; сравнить два значения потенциальной энергии системы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный, линейка, груз массой m на нити длиной l .

Ход работы:

1. Соберите установку, показанную на рис 3.

Динамометр укрепляется в лапке штатива!

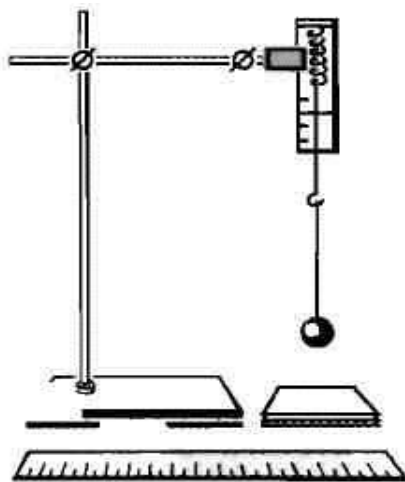


Рис. 3 Установка

2. Проведите опыты и необходимые измерения:

а) Привяжите груз к нити, другой конец нити привяжите к крючку динамометра и измерьте вес груза $P = m \cdot g$ (в данном случае вес груза равен его силе тяжести).

б) Измерьте длину l нити, на которой привязан груз.

в) Поднимите груз до точки 0 (отмеченной на динамометре).

г) Отпустите груз, измерьте динамометром максимальную силу упругости $F_{\text{упр}}$ и линейкой максимальное растяжение пружины Δl , отсчитывая его от нулевого деления динамометра.

3. Сделайте расчёты:

а) Вычислите высоту, с которой падает груз: $h = l + \Delta l$ (это высота, на которую смещается центр тяжести груза).

б) Вычислите потенциальную энергию поднятого груза $E'_n = m \cdot g \cdot (l + \Delta l)$.

в) Вычислите энергию деформированной пружины

$$E''_{\text{п}} = F_{\text{упр}} \cdot \Delta l / 2.$$

г) Сравните значения энергий $E'_{\text{п}}$ и $E''_{\text{п}}$. Подумайте, почему значения этих энергий совпадают не совсем точно.

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$P = m \cdot g$, Н	l , м	Δl , м	$F_{\text{упр}}$, Н	$h = l + \Delta l$, м	$E'_{\text{п}}$, Дж	$E''_{\text{п}}$, Дж

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №3

Изучение движения тела по окружности под действием сил упругости и тяжести

Оборудование: штатив лабораторный, груз на нити, секундомер, лист бумаги с окружностью, измерительная лента.

Цель работы: определение центростремительного ускорения груза при его равномерном движении по окружности, убедиться в том, что при движении тела по окружности под действием нескольких сил их равнодействующая равна произведению массы тела на ускорение: $F = ma$.

Содержание работы:

1. Перед опытом подвешивают на нити к лапке штатива груз, предварительно взвешенный на весах.

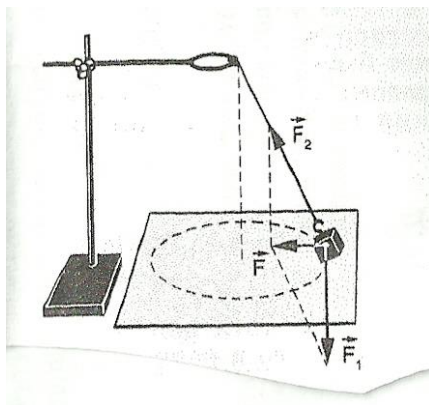


Рис. 4 Пример установки

2. Под висящим грузом положите лист бумаги с начерченной на нем окружностью радиусом 15-20 см. Центр окружности расположите на отвесной линии, проходящей через точку подвеса маятника.

3. У точки подвеса нить берут двумя пальцами и аккуратно приводят маятник во вращательное движение, так чтобы радиус вращения маятника совпадал с радиусом нарисованной окружности.

4. Приведите маятник во вращение и подсчитывая число оборотов N замерьте время t , за которое эти обороты произошли. Подсчитайте период колебаний: $T = t/N$

5. Равнодействующая силы тяжести и силы упругости, найденная в ходе эксперимента, рассчитывается из параметров кругового движения груза.

$$F = \frac{4\pi^2 Rm}{T^2}$$

6. С другой стороны, центростремительную силу можно определить из пропорции

$$\frac{F}{mg} = \frac{R}{h} \Rightarrow$$

$$F = \frac{mgR}{h}$$

Здесь масса и радиус уже известны из предыдущих измерений и, чтобы определить центробежную силу вторым способом надо измерить высоту точки подвеса над вращающимся шариком. Для этого оттягивают шарик на расстояние, равное радиусу вращения и измеряют расстояние по вертикали от шарика до точки подвеса.

7. Сравните результаты, полученные двумя разными способами и сделайте вывод.

Лабораторная работа №4

Измерение относительной влажности воздуха

Цель: Научиться определять относительную влажность воздуха с помощью психрометра.

Оборудование: психрометр, психрометрическая таблица.

Ход работы:

1. Изучите устройство психрометра.

2. Сделайте опыт и необходимые измерения:

а) По показаниям сухого термометра измерить температуру воздуха в помещении:

$$t_{\text{сух}} = \text{---}^{\circ}\text{C}.$$

б) По показаниям увлажнённого термометра измерить температуру воздуха в помещении:

$$t_{\text{влаж}} = \text{---}^{\circ}\text{C}.$$

3. Сделайте расчёты:

а) Определите разность показаний: $t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}} = \text{---}^{\circ}\text{C}.$

б) Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха: $\varphi = \text{---}\%$

в) Сравните полученный результат значения влажности воздуха в кабинете с нормами влажности воздуха в помещении.

4. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №5

Изучение последовательного и параллельного соединений проводников

Цель работы: Экспериментальная проверка законов последовательного и параллельного соединений проводников:

1) ознакомиться с приборами для проведения этой лабораторной работы

2) научиться соединять резисторы последовательно и параллельно

3) научиться измерять и рассчитывать сопротивление при последовательном и параллельном соединении резисторов

Оборудование: резисторы, источник тока, соединительные провода, амперметр, вольтметр.

Ход работы.

1 часть: изучение последовательного соединения

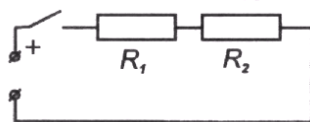


Рис. 5 Схема последовательного соединения

1. Заполните пропуски в формулах последовательного соединения

$$U=U_1 \dots U_2 \quad R=R_1 \dots R_2 \quad \frac{U_1}{\dots} = \frac{\dots}{R_2}$$

2. Соберите цепь для изучения последовательного соединения по схеме:

3. Измерьте силу тока. Поочерёдно включая вольтметр к первому резистору, ко второму резистору и ко всему участку, измерьте напряжение. Результаты измерений занесите в таблицу

I, A	U_1 , В	U_2 , В	U, В	R_1 , Ом	R_2 , Ом	R, Ом

4 Вычислите сопротивления и занесите результаты в таблицу

$$R_1 = \frac{U_1}{I} = \dots \text{Ом} \quad R_2 = \frac{U_2}{I} = \dots \text{Ом} \quad R = \frac{U}{I} = \dots \text{Ом}$$

5 Проверьте формулы (см пункт 1) последовательного соединения по данным таблицы

6 Посмотрите на резисторы и запишите: $R_1 = \dots \text{Ом}$
 $R_2 = \dots \text{Ом}$

7 Вычислите рассчитанное сопротивление при последовательном соединении $R = R_1 + R_2 = \dots \text{Ом}$

8 Сравните измеренное и рассчитанное сопротивления при последовательном соединении. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности.

2 часть: Изучение параллельного соединения

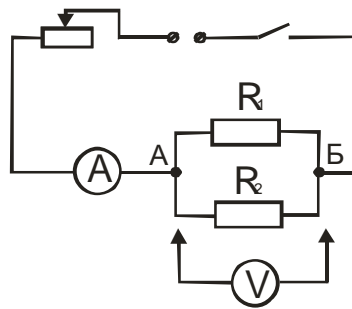


Рис. 6 Схема параллельного соединения

1 Заполните пропуски в формулах параллельного соединения

$$I = I_1 + \dots + I_2 \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{\dots} + \dots + \frac{1}{R_2} \quad \frac{\dots}{I_2} = \frac{R_1}{\dots}$$

2 Соберите цепь для изучения параллельного соединения.

3 Замкните цепь и измерьте силу тока и напряжение на участке при параллельном соединении

Запишите: $I = \dots\dots\dots \text{А}$ $U = \dots\dots\dots \text{В}$

4 Пользуясь измеренными данными вычислите сопротивление участка при параллельном соединении

$$R = \frac{U}{I} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{измеренное сопротивление})$$

5 Посмотрите на резисторы и запишите $R_1 = \dots\dots\dots \text{Ом}$
 $R_2 = \dots\dots\dots \text{Ом}$

6 Вычислите по формуле (см пункт1) сопротивление при параллельном соединении

$$\frac{1}{R} = \dots\dots\dots \text{Ом} \quad (\text{рассчитанное сопротивление})$$

7 Сравните рассчитанное и измеренное сопротивления при параллельном соединении. Рассчитайте абсолютную и относительную погрешности.

8 Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №6

Определение коэффициента полезного действия электрического чайника

Цель работы: научиться определять КПД электроприборов на примере электрочайника.

Оборудование: Электрический чайник, термометр, часы с секундной стрелкой.

Теоретическая справка.

Электрическим током называют упорядоченное, направленное движение заряженных частиц.

Действия электрического тока - тепловое, магнитное, химическое, механическое, физиологическое

Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого совершалась работа. $A = UI t$.

Закон Джоуля – Ленца: Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока по проводнику. $Q = I^2 R t$

Мощность тока равна отношению работы тока ко времени прохождения тока. $P = I U$

Ход работы:

1. Рассмотрите электрочайник. По паспортным данным определите электрическую мощность электроприбора P .

2. Налейте в чайник воду объемом V , равным 1 л (1 кг)

3. Измерьте с помощью термометра начальную температуру воды t_1 .

4. Включите чайник в электрическую сеть и нагревайте воду до кипения.

5. Определите по таблице температуру кипения воды t_2 .

6. Заметьте по часам промежутки времени, в течение которого нагревалась вода Δt

Все измерения выполняйте в системе СИ.

7. Используя данные измерений, вычислите:

а) совершенную электрическим током работу, зная мощность чайника P и время нагревания воды Δt , по формуле $A_{\text{эл.тока}} = P \cdot \Delta t$

б) количество теплоты, полученное водой и равное полезной работе,

$$Q_{\text{нагр.}} = cm(t_2 - t_1)$$

8. Рассчитайте коэффициент полезного действия электро-чайника по формуле

$$\eta = Q_{\text{нагр.}} / A_{\text{эл.тока}} =$$

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу

Р, Вт	V, м 3	t ₁ , °С	Δt, с	t ₂ , °С	A _{эл.тока} , Дж	Q _{нагр.} , Дж	η, %

9. Напишите вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №7

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

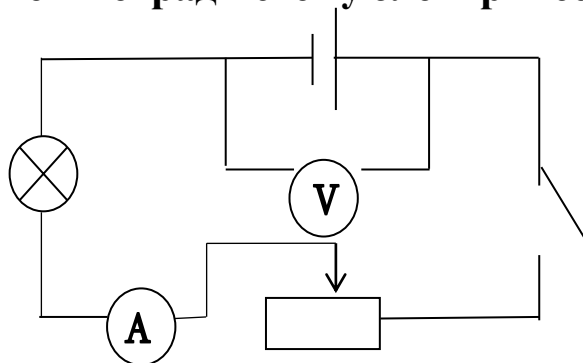


Рис. 7 Схема электрической цепи

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:

$\varepsilon = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В.}$

б) Замкните цепь и снимите показания амперметра и вольтметра:

$I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ А;}$

$U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ В.}$

5. Сделайте расчёты:

а) 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:

ε , В	U, В	I, А	r, Ом

7. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №8

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. 8 Схема электрической цепи

2. Подготовьте в тетради таблицу для записи результатов наблюдений:

3. Сделайте опыты и запишите свои наблюдения в таблицу:

№ опыта	Схема опыта	Вывод из опыта
1		
2		
3		
4		

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.

Лабораторная работа №9

Определение ускорения свободного падения при помощи маятника

Цель: определить ускорение свободного падения.

Оборудование: штатив, шарик на нити, часы, линейка.

Ход работы:

1. Соберите экспериментальную установку.

Установите штатив на краю стола и подвесьте к нему шарик так, чтобы он мог, совершать колебания не касаясь, пола (1-2 см от пола). Длина нити должна быть максимально возможной.

2. Сделайте необходимые измерения:

а) Измерьте линейкой длину l маятника.

$l =$ _____ м.

б) Отклоните шарик в сторону на 5-8 см. и, отпустив его, отсчитайте $N_1 = 50$ полных колебаний шарика. Замерьте по секундомеру время, t в течение которого они совершались.

в) Опыт повторите ещё 2 раза, изменив количество полных колебаний.

3. Сделайте расчёты:

а) Определите период колебаний по формуле: $T = \frac{t}{N}$

$T_1 =$ _____ с.

$T_2 =$ _____ с.

$T_3 =$ _____ с.

б) Определите ускорение свободного падения по формуле: $g = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l}{T^2}$

$g_1 =$ _____ $\frac{м}{с^2}$.

$g_2 =$ _____ $\frac{м}{с^2}$.

$g_3 =$ _____ $\frac{м}{с^2}$.

в) Найдите среднее значение ускорения свободного падения по формуле: $g_{ср} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}$

4. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№ опы- та	l , м	N	t , с	T , с	g , $\frac{m}{c^2}$	g_c , $\frac{m}{c^2}$
1						
2						
3						

5. Сравните полученный результат g ($\frac{m}{c^2}$) с табличным значением ускорения свободного падения.

6. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа №10

Определение показателя преломления стекла

Цель работы: вычислить показатель преломления стекла.

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

Ход работы:

1. Сделайте опыт:

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

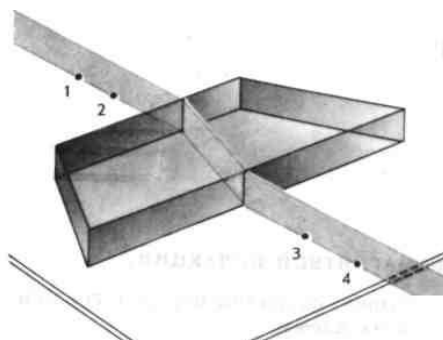


Рис. 9 Схема опыта

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).

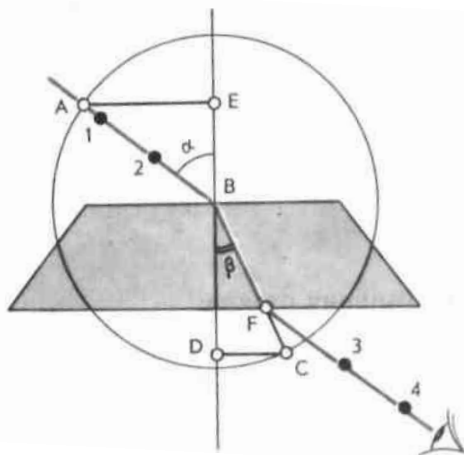


Рис. 10 Схема опыта

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
1					

5. Сделайте вывод о проделанной работе.

Лабораторная работа № 11

Определение фокусного расстояния и оптической силы собирающей линзы

Цель работы: измерить оптическую силу и фокусное расстояние собирающей линзы одним из способов.

Оборудование: источник света (горящая свеча), линейка, линза собирающая, экран.

Теоретическое обоснование: Формула тонкой линзы имеет вид: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = D$ (1), где d – расстояние от линзы до объекта, f – расстояние от линзы до изображения, F – фокусное расстояние линзы, D – оптическая сила линзы.

Для того, чтобы убедиться в пригодности формулы тонкой линзы, для вашего случая необходимо измерить с помощью этой формулы оптическую силу этой линзы D при различных значениях d и f , найти абсолютные погрешности измерения D и убедиться, что в пределах точности наших измерений оптическую силу линзы можно считать величиной постоянной, т.е. формула работает.

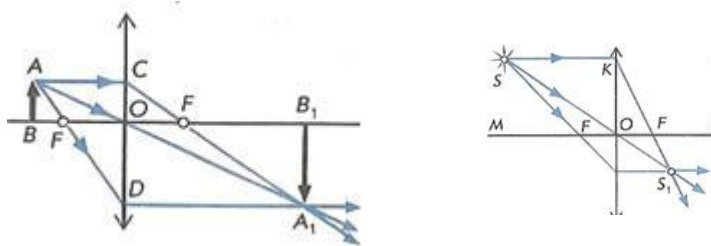


Рис.11 Определение фокусного расстояния

Это можно сделать, измерив расстояния d от предмета до линзы и расстояния f от линзы до реального изображения на экране. Реальное перевернутое изображение на экране для собирающей линзы получается, если предмет расположить от линзы на расстоянии большем фокусного. При этом если расстояние $f < d < 2f$, то изображение будет увеличенным (рис.1), если расстоянию $2f < d$, то уменьшенным (рис. 2). Наблюдаемым предметом может служить светящаяся спираль лампочки.

Простейший способ измерения оптической силы и фокусного расстояния собирающей линзы основан на использовании формулы линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = D \quad (1) \quad \text{или} \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad (2)$$

В качестве предмета используется светящаяся лампочка. Действительное изображение нити накала лампочки получают на экране.

Ход работы:

1. Поставить свечу и экран по краям стола, между ними поместить линзу. Перемещая линзу, получить резкое изображение свечи на экране.

3. Измерить расстояния d и f , обратите внимание на точность измерения расстояний.

4. Рассчитать по формулам (1) и (2) оптическую силу и фокусное расстояние линзы.

5. Сделайте вывод по работе.

Список литературы

1. Мякишев, Г. Я. Физика. 10 класс. Базовый и углублённый уровни : Учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Сотский Н. Н. Парфентьева Н. А. Буховцев. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 432 с. – ISBN 978-5-09-103619-0. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=432632> (дата обращения: 19.02.2024). – Текст : электронный.
2. Мякишев, Г. Я. Физика. 11 класс. Базовый и углублённый уровни : Учебник / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Чаругин В. М. Парфентьева Н. А. Буховцев. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 436 с. – ISBN 978-5-09-103620-6. – URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=432633> (дата обращения: 19.02.2024). – Текст : электронный.
3. Васильев, А. А. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Васильев, В. Е. Федоров, Л. Д. Храмов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 211 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05702-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/538886>.

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 из-

мерения: *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.

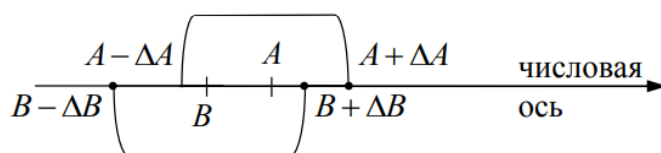


Рис. 1

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

В этом случае, очевидно, выполняется соотношение:

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

Приложение 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 завершенным 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*.

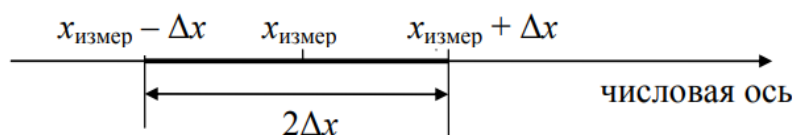


Рис. 2

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:

$$\Delta x_{\text{прям}} = \Delta x_{\text{пр}} + \Delta x_{\text{сл}}$$

Если $\Delta x_{\text{сл}} \ll \Delta x_{\text{пр}}$, то

$$\Delta x_{\text{прям}} \approx \Delta x_{\text{пр}} \quad (9)$$

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!

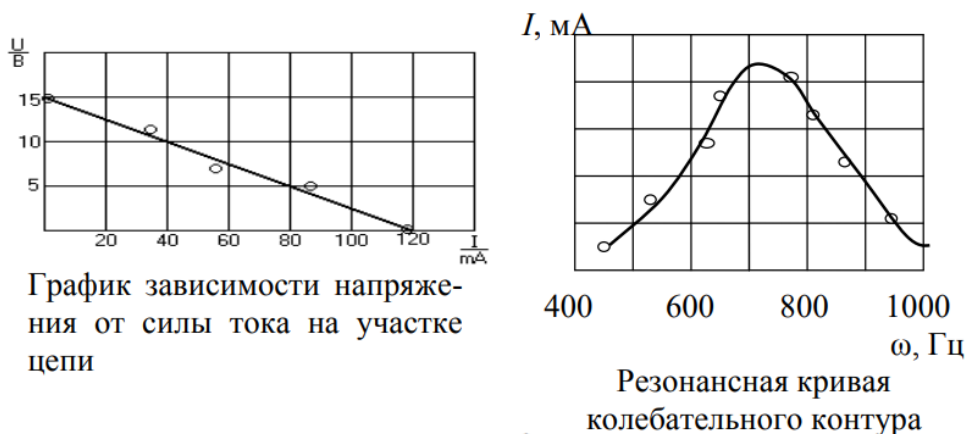


рис. 3

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

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

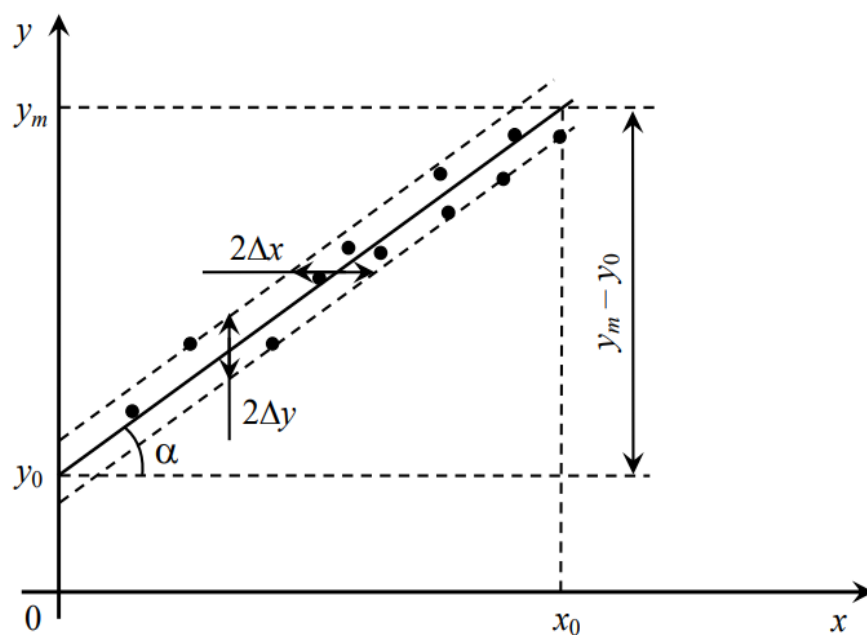


рис. 4

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.