

МИНИСТЕРСТВО ОБЩЕГО И ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СВЕРДЛОВСКОЙ  
ОБЛАСТИ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ «КАМЫШЛОВСКИЙ ТЕХНИКУМ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К  
ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ  
ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

для студентов специальности/профессии

09.01.02. Наладчик компьютерных сетей

09.01.03 Мастер по обработке цифровой информации

23.01.03 Автомеханик

23.01.09 Машинист локомотива

13.02.11. Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического  
оборудования (по отраслям)

Составил:  
преподаватель физики  
Абишева М. А.

## АННОТАЦИЯ

Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ по учебной дисциплине «физика» предназначены для студентов специальности/профессии

09.01.02. Наладчик компьютерных сетей

09.01.03 Мастер по обработке цифровой информации

23.01.03 Автомеханик

23.01.09 Машинист локомотива

13.02.11. Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования (по отраслям)

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту учебной дисциплины «Физика», оно содержит рекомендации для студентов по проведению и обработке результатов лабораторных работ в рамках общеобразовательного цикла ОПОП.

Данные методические рекомендации предназначены для студентов первого и второго курсов техникума. Они помогут студентам приобрести практические навыки экспериментальной работы и обработки экспериментальных данных, сформировать и закрепить навыки работы с лабораторным оборудованием, усвоить основные понятия и законы физики и более глубоко усвоить теоретический материал, сформировать навыки самостоятельной работы студентов со справочной литературой.

В методических рекомендациях определены цели и задачи выполнения лабораторных работ, описание каждой работы включает в себя необходимые для выполнения работы теоретические сведения, экспериментальную часть, указания по обработке результатов и их представлению в отчете. В приложении дан минимальный справочный материал.

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	2
Введение	4
1. Основная часть	6
1.1. Лабораторная работа №1 «Изучение движения тела по окружности под действием равнодействующей сил упругости и тяжести».	6
1.2. Лабораторная работа №2 «Изучение закона сохранения импульса».	8
1.3. Лабораторная работа №3 «Изучение закона сохранения механической энергии».	12
1.4. Практическая работа №1. «Измерение коэффициента трения скольжения».	13
1.5. Практическая работа № 2 «Определение жесткости пружины».	14
1.6. Практическая работа №3 «Изучение движения конического маятника».	15
1.7. Практическая работа №4 «Измерение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника».	16
1.8. Лабораторная работа №4 «Опытная проверка газовых законов».	17
1.9. Практическая работа №5. «Измерение влажности воздуха».	18
1.10. Практическая работа №6 «Наблюдение роста кристаллов из растворов».	19
1.11. Лабораторная работа №5 «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока».	20
1.12. Лабораторная работа № 6 «Изучение явления электромагнитной индукции».	21
1.13. Лабораторная работа № 7 «Измерение длины световой волны».	23
1.14. Практическая работа № 7 «Расчет электрического сопротивления».	25
1.15. Практическая работа № 8 «Расчет удельного сопротивления».	26
1.16. Практическая работа № 9 «Доказательство закона Ома для участка цепи».	27
1.17. Практическая работа №10 «Доказательство законов последовательного соединения проводников».	31
1.18. Практическая работа №11 «Доказательство законов параллельного соединения проводников».	33
1.19. Практическая работа № 12 «Расчет показателя преломления стекла».	34
1.20. Практическая работа № 13 «Исследование собирающей линзы».	36
1.21. Практическая работа № 14 «Цвета спектра, смешивание цветов и красок».	43
Заключение	45
Список литературы и источников.	46

## ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – оказать помощь студентам в подготовке и выполнении лабораторных работ, а также облегчить работу преподавателя по организации и проведению лабораторных занятий.

Систематическое и аккуратное выполнение всей совокупности лабораторных работ позволит студенту овладеть умениями самостоятельно ставить физические опыты, фиксировать свои наблюдения и измерения, анализировать их делать выводы в целях дальнейшего использования полученных знаний и умений.

Целями выполнения лабораторных и практических работ является:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов; аналитических, проектировочных, конструктивных и др.
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

При выполнении лабораторного эксперимента обязательно соблюдение правил техники безопасности. Перед выполнением лабораторных работ Вы должны пройти «Инструктаж по технике безопасности» и расписаться в соответствующем журнале. Только после этого вы знакомитесь с порядком выполнения лабораторной работы, готовитесь к проведению эксперимента.

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. В данном случае это не только описание конкретной лабораторной работы, но и определенные разделы курса, знания по физике и математике, полученные Вами в основной школе.

Поэтому выполнение каждой лабораторной работы по физике необходимо начинать с изучения ее описания 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 описываемые его величины;
- изучить и уметь объяснить физические основы используемых в работе методов измерения искомых величин;
- 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.

После выполнения лабораторной работы студент оформляет отчет по лабораторной работе и отдает его на проверку преподавателю.

Выполнив лабораторную работу, студент должен уметь изложить ход выполнения опытов, объяснить результаты работы и выводы из них, уметь проводить измерения: выделять условия опыта, готовить таблицы для записи результатов, проводить опыт, грамотно записывать показания приборов и их характеристики. Отчет должен соответствовать порядку, прописанному в ходе лабораторной работы.

Отчет выполняется отдельно по каждой лабораторной работе. В отчете, как правило, должны быть следующие разделы:

### 1. Лабораторная работа №.....

2. Наименование работы.
3. Цель работы.
4. Чертёж (если требуется).
5. Формулы искомых величин и их погрешностей.
6. Таблица результатов измерений и вычислений.
7. Окончательный результат, вывод и пр. (согласно цели работы).

## Лабораторная работа №1.

**Изучение движения тела по окружности под действием равнодействующей сил упругости и тяжести.**

**Цель работы:** определение центростремительного ускорения шарика при его равномерном движении по окружности.

### Теоретическая часть работы.

Эксперименты проводятся с коническим маятником. Шарик движется по окружности радиуса  $R$ . При этом нить  $AB$ , к которой прикреплен шарик, описывает поверхность прямого кругового конуса. На шарик действуют две силы: сила тяжести  $m\vec{g}$  и натяжение нити  $\vec{F}$ . Они создают центростремительное ускорение  $\vec{a}_n$ , направленное к центру окружности. Модуль ускорения можно определить кинематически. Он равен:

$$a_n = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$$

Для определения ускорения надо измерить радиус окружности и период обращения шарика по окружности.

Центростремительное (нормальное) ускорение можно определить также, используя законы динамики.

Согласно второму закону Ньютона  $m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}$ . Разложим силу  $\vec{F}$  на составляющие  $\vec{F}_1$  и  $\vec{F}_2$ , направленные по радиусу к центру окружности и по вертикали вверх.

Тогда второй закон Ньютона запишется следующим образом:

$$m\vec{a} = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Направление координатных осей выберем так, как показано на рисунке б. В проекциях на ось  $O_1y$  уравнение движения шарика имеет вид:  $0 = F_2 - mg$ . Отсюда  $F_2 = mg$ : составляющая  $\vec{F}_2$  уравновешивает силу тяжести  $m\vec{g}$ , действующую на шарик.

Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось  $O_1x$ :

$$ma_n = F_1. \text{ Отсюда } a_n = \frac{F_1}{m}$$

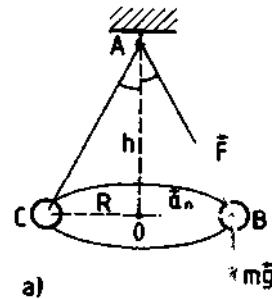
Модуль составляющей  $F_1$  можно определить различными способами. Во-первых, это можно сделать из подобия треугольников  $OAB$  и  $FBF_1$ :

$$\frac{F_1}{R} = \frac{mg}{h}$$

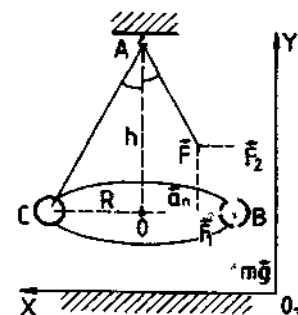
$$\text{Отсюда } F_1 = \frac{mgR}{h} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

Во-вторых, модуль составляющей  $F_1$  можно непосредственно измерить динамометром. Для этого оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу  $R$  окружности (рис. в), и показание динамометра. При этом сила упругости пружины уравновешивает составляющую  $\vec{F}_1$ .

Сопоставим все три выражения для  $a_n$ :

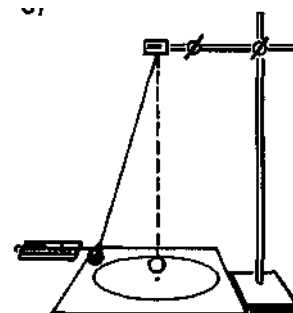


Небольшой конус. На  $\vec{F}$  (рис. а) по радиусу



разом:

на примет



в)

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}, a_n = \frac{gR}{h}, a_n = \frac{F_1}{m}$$

и убедимся, что они близки между собой.

В этой работе с наибольшей тщательностью следует измерять время. Для этого полезно отсчитывать возможно большее число оборотов маятника, уменьшая тем самым относительную погрешность.

Взвешивать шарик с точностью, которую могут дать лабораторные весы, нет необходимости. Вполне достаточно взвешивать с точностью до 1 г. Высоту конуса и радиус окружности достаточно измерить с точностью до 1 см. При такой точности измерений относительные погрешности величин будут одного порядка.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, лента измерительная, циркуль, динамометр лабораторный, весы с разновесами, шарик на нити, кусочек пробки с отверстием, лист бумаги, линейка.

Указания к работе.

1. Определяем массу шарика на весах с точностью до 1 г.
2. Нить продеваем сквозь отверстие и зажимаем пробку в лапке штатива (рис. в).
3. Вычерчиваем на листе бумаги окружность, радиус которой около 20 см. Измеряем радиус с точностью до 1 см.
4. Штатив с маятником располагаем так, чтобы продолжение шнура проходило через центр окружности.
5. Взяв нить пальцами у точки подвеса, вращаем маятник так, чтобы шарик описывал окружность, равную начерченной на бумаге.
6. Отсчитываем время, за которое маятник совершает к примеру,  $N = 50$  оборотов.
7. Определяем высоту конического маятника. Для этого измеряем расстояние по вертикали от центра шарик; до точки подвеса.
8. Находим модуль центростремительного ускорение по формулам:

$$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ и } a_n = \frac{gR}{h}$$

9. Оттягиваем горизонтально расположенным динамометром шарик на расстояние, равное радиусу окружности, и измеряем модуль составляющей  $\vec{F}_1$ . Затем вычисляем ускорение по формуле

$$a_n = \frac{F_1}{m}.$$

10. Результаты измерений заносим в таблицу:

№ опыта	Радиус R, м	Количество оборотов, N	t, с	$T = \frac{\Delta t}{N}$ , с	h, м	m, кг	$a_n = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$	$a_n = \frac{gR}{h}$	$a_n = \frac{F_1}{m}$

Сравнивая полученные три значения модуля центростремительного ускорения, убеждаемся, что они примерно одинаковы.

Вывод.

## Лабораторная работа N 2.

### Изучение закона сохранения импульса.

Цель работы: экспериментальная проверка закона сохранения импульса на примере соударения двух шаров.

Приборы и принадлежности: установка с подвешенными шарами.

#### Введение

Импульсом материальной точки (тела) или количеством движения называется векторная величина, равная произведению массы материальной точки на ее скорость  $\vec{P} = m\vec{v}$ .

Импульсом системы тел называется векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему 
$$\vec{P} = \sum_i m_i \vec{v}_i.$$

В замкнутой системе тел, т.е. в системе, на которую не действуют внешние силы или в системе, для которой векторная сумма всех внешних сил равна нулю, импульс системы тел является величиной постоянной

$$\sum_i m_i v_i = \text{const}, \text{ если } \Sigma \vec{F} = 0. \quad (1) \text{ (закон сохранения импульса).}$$

Под ударом в механике понимается кратковременное взаимодействие двух или более тел, возникающее в результате их соприкосновения (соударение шаров, удар молота о наковальню и др.). Самым простым является центральный удар, то есть такой удар, при котором скорости соударяющихся тел до удара направлены по линии, соединяющей центры тел.

При соударении взаимодействие длится такой короткий промежуток времени  $\Delta t \rightarrow 0$  (иногда измеряемый тысячными долями секунды) и возникают столь большие внутренние силы взаимодействия  $F_{\text{внутр.}} = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t} \rightarrow \infty$ , что внешними силами можно пренебречь и систему соударяющихся тел считать замкнутой и применять к ней закон сохранения импульса.

В зависимости от упругих свойств тел соударения могут протекать весьма различно. Принято выделять два крайних случая: абсолютно упругий и абсолютно неупругий удары.

**Абсолютно упругим** называется удар, при котором после взаимодействия тела полностью восстанавливают свою форму. Таких ударов в природе не существует, так как всегда часть энергии затрачивается на необратимую деформацию тел.

Однако для некоторых тел, например стальных закаленных шаров, потерями механической энергии при столкновении можно пренебречь и считать удар абсолютно упругим. В случае центрального абсолютно упругого удара двух тел с массами  $m_1, m_2$  и скоростями  $\vec{v}_1, \vec{v}_2$  до удара и  $\vec{u}_1, \vec{u}_2$  после удара можно записать законы сохранения импульса тел и их механической энергии

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2,$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 u_1^2}{2} + \frac{m_2 u_2^2}{2}. \quad (1)$$

**Абсолютно неупругим** называется удар, при котором после соприкосновения тел они не восстанавливают полностью свою форму, соединяются вместе и движутся как единое целое с одной скоростью. При этом ударе часть их механической энергии переходит в работу деформации тел  $A_{\text{деф.}}$  (внутреннюю энергию). Столкновение двух шаров из пластилина, когда после столкновения шары слипаются и движутся вместе, является примером абсолютно неупругого удара.

В случае центрального абсолютно неупругого удара двух тел  $m_1, m_2$  движущихся со скоростями  $\vec{v}_1, \vec{v}_2$  до удара и  $\vec{u}$  после удара можно записать законы сохранения импульса тел и пол-



ной энергии (включая работу деформации тел)

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u},$$

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{(m_1 + m_2) u^2}{2} + A_{\text{деф.}} \quad (2)$$

## ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Установка состоит из двух шаров 1 и 2 (рис.2.1), подвешенных на практически нерастяжимых нитях длиной  $l$ . Электро-магнит 3 может удерживать правый шар в отклоненном положении. Отклонение шаров от положения равновесия отсчитывается по круговой шкале 4. Электронный блок 5 включает и выключает магнит и измеряет время взаимодействия шаров.

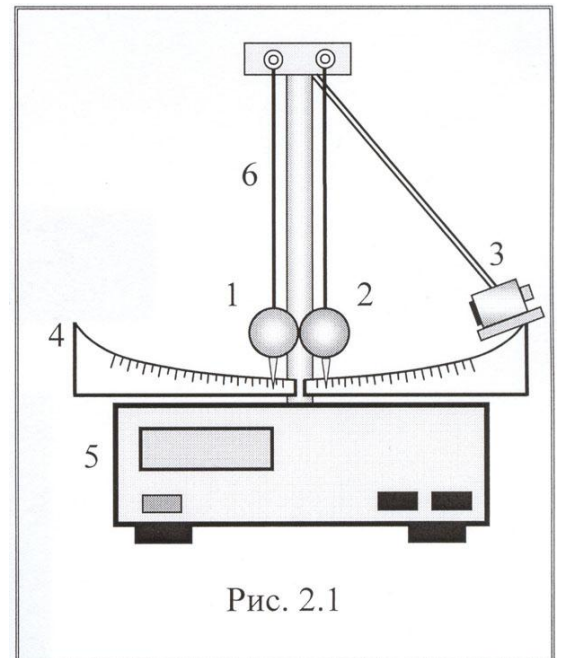


Рис. 2.1

## ВЫВОД РАСЧЕТНОЙ ФОРМУЛЫ

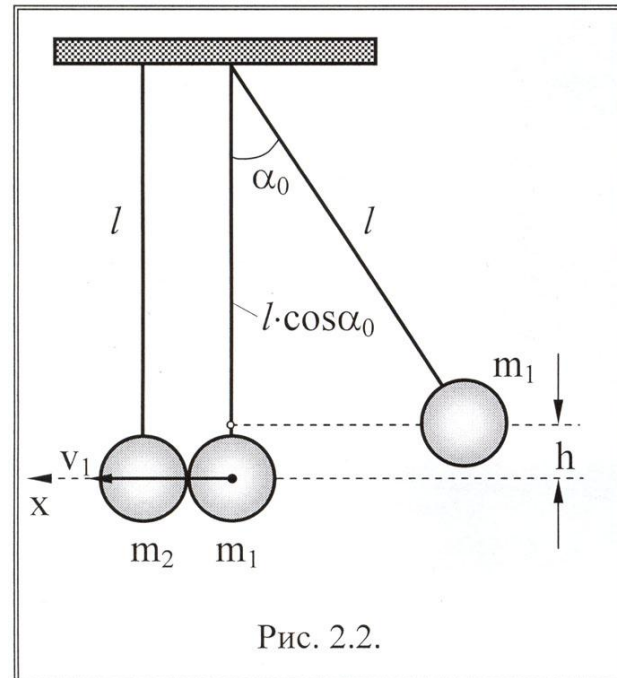


Рис. 2.2.

Для экспериментальной проверки закона сохранения импульса на данной установке необходимо определить

скорости шаров в момент, непосредственно предшествующий удару, и скорости шаров после их соударения. На установке правый шар с массой  $m_1$  отводят от положения равновесия на угол  $\alpha_0$  (рис. 2.2) и отпускают. Скорость этого шара перед ударом можно определить по углу его отклонения от вертикали, исходя из закона сохранения энергии:

$$m_1 g h = \frac{m_1 v_1^2}{2} \quad (3) \quad \text{Высоту}$$

можно выразить через угол  $\alpha_0$ :

$$h = l - l \cdot \cos \alpha_0 = l(1 - \cos \alpha_0) = 2l \cdot \sin^2 \left( \frac{\alpha_0}{2} \right)$$

Для малых углов  $\sin \frac{\alpha_0}{2} \approx \frac{\alpha_0}{2}$ , тогда  $h \approx l \cdot \frac{\alpha_0}{2}$ .

Подставляя полученное выражение для  $h$  в уравнение (2.7), находим скорость первого шара в момент, непосредственно предшествующий удару

$$v_1 = \alpha_0 \sqrt{gl} \quad (4)$$

По аналогичной формуле можно определить и скорости шаров после удара

$$u_1 = \alpha_0 \sqrt{gl} \quad \text{и} \quad u_2 = \alpha_0 \sqrt{gl} \quad (5)$$

Для этого нужно определить углы, на которые отклоняются шары после удара  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ .

На установке можно изучать абсолютно упругий и неупругий удары. В эксперименте скорости шаров после удара направлены вдоль той же прямой, что и скорость первого шара до удара – по горизонтали вдоль оси  $x$  (рис.2.2).

Закон сохранения импульса для абсолютно упругого и неупругого ударов можно записать в проекции на ось  $x$  в скалярной форме, учитывая, что до удара второй шар покоился, и  $v_2 = 0$ :

$$m_1 v_1 = m_1 u_1 + m_2 u_2,$$

$$m_1 v_2 = (m_1 + m_2)u$$

Выражая скорости шаров через углы отклонения по формуле (2.9 и 2.10) и учитывая, что на данной установке  $m_1 = m_2$ , получаем расчетные формулы для проверки закона сохранения импульса для абсолютно упругого (6) и неупругого (7) ударов:

$$\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2 \quad (6)$$

$$\alpha_0 = 2\alpha, \quad (7)$$

где  $\alpha_0$  - угол отклонения правого шара в начальный момент,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – углы отклонения правого и левого шара от вертикали после абсолютно упругого удара,  $\alpha$  – угол отклонения шаров после абсолютно неупругого удара.

#### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нажмите клавишу «сеть».
2. Отожмите клавишу «пуск»
3. Прижмите правый шар к электромагниту.
4. Определите начальный угол отклонения правого шара  $\alpha_0$
5. Нажмите клавишу «сброс» (при этом на цифровом табло высвечиваются нули).
6. Нажмите клавишу «пуск» и измерьте углы, на которые отклоняются шары от

положения равновесия сразу после удара  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ . Измерения углов повторите не менее 3 раз. Данные измерений занесите в таблицу 1.

Так как одному наблюдателю невозможно определить сразу два значения, то рекомендуется поступить так: сначала измерить угол отклонения одного шара  $\alpha_1$ , затем произвести повторный удар из того же начального положения  $\alpha_0$  и измерить угол отклонения второго шара  $\alpha_2$ .

Экспериментальные данные для абсолютно упругого удара

Таблица 1.

Угол отклонения $\alpha_0$ град.	Угол отброса правого шара $\alpha_1$ град.	$\Delta$ $\alpha_1$ град.	Угол отброса левого шара $\alpha_2$ град.	$\Delta$ $\alpha_2$ град.

.					
.					
.					
		$\bar{\alpha}_1$	$\Delta\bar{\alpha}_1$	$\bar{\alpha}_2$	$\Delta\bar{\alpha}_2$

5

7. Для проверки закона сохранения импульса для неупругого удара на один из шаров прикрепите кусочек пластилина (массой пластилина можно пренебречь и считать массу шара равной  $m$ ).

8. Измерить углы  $\alpha_0$  и  $\alpha$ . Повторить измерения не менее 3 раз. Данные измерений занести в таблицу 2.

Данные

Экспериментальные данные для абсолютно неупругого удара.

Таблица 2.

№	Угол отклонения $\alpha_0$ град.	Угол отброса левого шара $\alpha$ град.	$\Delta\alpha$ град.
1.			
2.			
3.			
		$\bar{\alpha}$	$\Delta\bar{\alpha}$

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Найдите средние значения углов  $\alpha_0$ ,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  для абсолютно упругого удара,  $\alpha_0$  и  $\alpha$  для абсолютно неупругого удара.

2. Проверьте выполнение закона сохранения импульса. Закон считается выполненным, если разность между импульсами системы до и после удара не превышает погрешности измерений. На данной установке импульсы шаров пропорциональны углам отклонений. Поэтому следует проверить равенство  $\alpha_0 = \alpha_1 + \alpha_2$  для абсолютно упругого удара и  $\alpha_0 = 2\alpha$  для абсолютно неупругого удара, т.е. убедиться, что разность между левыми и правыми частями уравнений меньше погрешностей в измерении углов

$$\alpha_0 - (\bar{\alpha}_1 + \bar{\alpha}_2) \leq \Delta\alpha_0 + (\Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2) \quad (8)$$

$$\bar{\alpha}_0 - 2\bar{\alpha} \leq \Delta\alpha_0 + \Delta\alpha \quad (9)$$

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется импульсом материальной точки (тела)?

2. Что называется импульсом системы тел?
3. Сформулируйте закон сохранения импульса. Какая система тел называется замкнутой?
4. Какой удар называется абсолютно упругим и какой абсолютно неупругим?
5. Сформулируйте законы сохранения импульса и механической энергии для абсолютно упругого удара.
6. Сформулируйте законы сохранения импульса и энергии для абсолютно неупругого удара.

### Лабораторная работа №3.

#### «Изучение закона сохранения механической энергии».

**Цель:** научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упруго деформированной пружины, сравнить два значения потенциальной системы.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, линейка, динамометр лабораторный с фиксатором, шарик на нити.

#### Ход работы:

**Оборудование:** штатив с муфтой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити.

#### Указания к работе.

Для выполнения работы собирают установку, показанную на рисунке. Динамометр укрепляется в лапке штатива. Жесткость пружины равна 40 Н/м

#### Порядок выполнения

1. Привяжите груз к другой конец нити привяжите динамометра.
2. Измерьте  $l$  от крючка динамометра до тяжести груза.
3. Поднимите груз крючка динамометра и его. Поднимая груз, пружину и укрепите фиксатор ограничительной скобы.
4. Снимите груз и по положению фиксатора линейкой максимальное  $\Delta l$  пружины.

5. Найдите высоту падения груза. Она равна  $h = l + \Delta l$ .

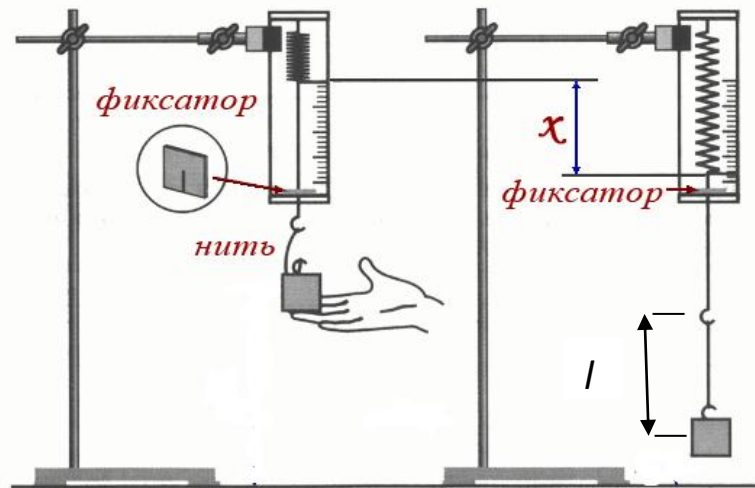
6. Вычислите потенциальную энергию системы в первом положении груза, т. е. перед началом падения, приняв за нулевой уровень учение потенциальной энергии груза в конечном его положении:  $E_{p1} = mgh = mg(l + \Delta l)$ .

В конечном положении груза его потенциальная энергия равна нулю. Потенциальная энергия системы в этом состоянии определяется лишь энергией упруго деформированной пружины:

$$E_{p2} = \frac{k\Delta l^2}{2} \text{ Вычислите ее.}$$

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	$l, м$	$\Delta l, м$	$h, м$	$h_{cp}$	$m,$	$E_{p1},$	$E_{p2},$
---	--------	---------------	--------	----------	------	-----------	-----------



**работы.**  
нити,  
к крючку  
расстояние  
центра  
до высоты  
отпустите  
расслабьте  
около  
измерьте  
удлинение

опыта					кг	Дж	Дж
1							
2							
3							
4							
5							

8. Сравните значения потенциальной энергии в первом и втором состояниях системы и

$$\frac{E_{1cp}}{E_{2cp}}$$

сделайте вывод.

## Практическая работа №1

### «Измерение коэффициента трения скольжения»

**Цель работы:** установить зависимость силы трения скольжения от величины силы нормального давления.

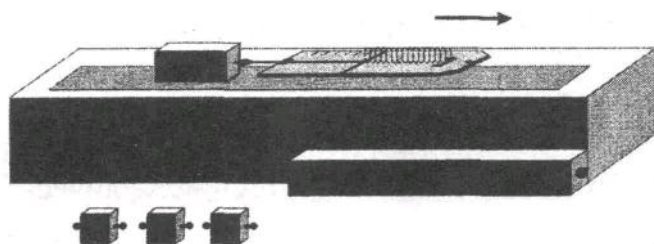
**Оборудование:** динамометр, металлический брусок, грузы по 100 г (3 шт.), укладочный пенал.

В работе измеряют силу трения скольжения между поверхностями бруска и резиновой полоски, приклеенной к внутренней поверхности крышки укладочного пенала.

Из укладочного пенала извлекают необходимое для работы оборудование, крышку пенала переворачивают и устанавливают на место. При этом полоса резины, наклеенная на крышку, оказывается сверху. В дальнейшем пенал используют как основание экспериментальной установки.

Вначале брусок и грузы поочередно подвешивают к динамометру и определяют их вес.

Далее ученики располагают перед собой укладочные пеналы. Вблизи одного из краев крышки пенала на резиновую полоску кладут брусок. Брусок зацепляют крючком динамометра, который удерживают рукой горизонтально над поверхностью крышки. Вид экспериментальной установки на этом этапе работы показан на рисунке. Потянув за динамометр, равномерно перемещают брусок вдоль поверхности крышки.



Динамометр покажет при этом значение силы трения скольжения. Показание динамометра записывают. Опыт повторяют еще три раза, устанавливая на бруске поочередно один, два и три груза. Каждый раз записывают общий вес бруска и грузов и значение силы трения. Результаты опытов заносят в таблицу.

№ опыта	$F_6, \text{Н}$	$F_r, \text{Н}$	$F_{6r}, \text{Н}$	$F_{тр}, \text{Н}$
---------	-----------------	-----------------	--------------------	--------------------

В таблице:  $F_6$  - сила тяжести, действующая на брусок;  $F_r$  - сила тяжести, действующая на грузы;  $F_{6r}$  - сила тяжести, действующая на брусок с грузами (при горизонтальной ориентации поверхностей она равна силе нормального давления бруска на поверхность крышки);  $F_{тр}$  - сила трения между бруском и крышкой (определяется по показанию динамометра при равномерном перемещении бруска по крышке).

По данным измерений строят график зависимости силы трения от силы нормального давления на поверхность крышки, которая определяется суммарным весом бруска и грузов.

Затем определить по построенному графику коэффициент трения скольжения. Исследовать зависимость силы трения от качества поверхности соприкасающихся тел. Для этого опыт повторяют, перемещая брусок не по резине, а по поверхности самой крышки. Сделать выводы.

## Практическая работа №2.

### «Определение жесткости пружины»

Цель работы: на опыте научиться измерять жесткость пружины с помощью пружинного маятника и оценить погрешность измерений.

Оборудование: секундомер, штатив с муфтой и лапкой, 3 груза массой по 100 г, пружина, линейка.

#### Теория.

При малых отклонениях от положения равновесия период колебаний пружинного маятника зависит от жесткости пружины и массы груза и определяется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

На опыте определить период колебаний маятника можно, измерив время нескольких колебаний, по формуле:

$$T = \frac{t}{N}$$

После математических преобразований этих формул получаем выражение для ускорения свободного падения:

$$k = \frac{2\pi^2 m N^2}{t^2}$$

где  $m$  — масса груза,  $N$  — число колебаний,  $t$  — время колебаний.

#### Порядок выполнения работы.

1. Установите штатив, закрепив в его верхней части с помощью муфты и лапки вертикально расположенную пружину. Подвесьте к пружине 2 груза массой по 100 г.
2. Растяните пружину на 2 — 3 см, потянув ее за грузики вниз, и отпустите ее.
3. Определите время 10 полных колебаний грузиков. Повторите опыт 3 раза, каждый раз внося в таблицу результаты измерения времени  $t$  и числа колебаний  $N$ .

4. Определите среднее значение времени по формуле:

$$t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$$

5. Вычислите жесткость пружины по формуле:

$$k_{cp1} = \frac{4\pi^2 m N^2}{t_{cp}^2}$$

6. Результаты вычислений внесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ Опыта	Масса грузов, m, кг	Число колебаний маятника, N	Время колебаний t, с	Среднее время колебаний $t_{cp}$ , с	Жесткость пружины, $k_{cp1}$ , Н/м	Относительная погрешность измерений, $\varepsilon$ , %	Абсолютная погрешность измерений, $\Delta k$ , Н/м
1							
2							
3							

7. Расчет погрешности измерений:

1. Определите относительную погрешность измерений по формуле, учитывая, что погрешность массы при изготовлении грузов составляет  $\Delta m = 0,001$  кг, погрешность измерения времени при использовании секундомера равна  $\Delta t = 0,1$  с.

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + 2 \frac{\Delta t}{t_{cp}}$$

2. Определите абсолютную погрешность измерений по формуле:

$$\Delta k = k_{cp1} \cdot \varepsilon$$

3. Результаты вычислений погрешности внесите в таблицу, умножив относительную погрешность на 100 %.

8. Дополнительное задание:

1. Определить по шкале «естественную» длину  $l_0$  пружины, укрепленной на установке.

2. При трех различных грузах в положении равновесия определить длину пружины  $l$ .

3. В каждом опыте вычислить коэффициент упругости пружины в соответствии с формулой

$$k = \frac{mg}{l-l_0}$$

и найти его среднее значение. Массы всех грузов указаны на них.

Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

№ опыта	Масса грузов, m, кг	Начальная длина пружины, $l_0$ , м	Конечная длина пружины, $l$ , м	Жесткость пружины, $k_2$ , Н/м	Среднее значение жесткости пружины, $k_{cp2}$ , Н/м
1					
2					
3					

9. Сделайте схематический рисунок.

10. Сравните значения  $k_{cp1}$  и  $k_{cp2}$ .

11. Сделайте вывод, исходя из цели работы.

### Практическая работа №3

#### *Изучение движения конического маятника*

Описание. В этой работе необходимо осуществлять движение по окружности шарика, подвешенного на нити.

1. Сформулируйте цель работы.

2. Измерьте радиус окружности.
3. Измерьте время движения шарика  $t$  в зависимости от числа оборотов  $n$  (10, 15 и 20).
4. Вычислите период вращения  $T$  для разного числа оборотов (10, 15 и 20).
5. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

Таблица 1

	№ опыта		
	1	2	3
Число оборотов $n$	10	15	20
Время движения $t$ , с			
Период $T$ , с			

6. Вычислите среднее арифметическое значения: периода  $T$ ; частоты; скорости и центростремительного ускорения.
7. Сформулируйте вывод.

#### Практическая работа №4 «Измерение ускорения свободного падения с помощью нитяного маятника».

**Цель работы:** вычислить ускорение свободного падения из формулы для периода колебаний метаматематического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Для этого необходимо измерить период колебания и длину подвеса маятника. Тогда из формулы (1) можно вычислить ускорение свободного падения:

$$g = \frac{4\pi^2}{T^2} l \quad (2)$$

**Средства измерения:** 1) часы с секундной стрелкой;  
2) измерительная лента ( $\Delta_l = 0,5$  см).

**Материалы:** 1) шарик с отверстием; 2) нить; 3) штатив с муфтой и кольцом.

##### Порядок выполнения работы

1. Установите на краю стола штатив. У его верхнего конца укрепите при помощи муфты кольцо и подвесьте к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 3—5 см от пола.
2. Отклоните маятник от положения равновесия на 5 - 8 см и отпустите его.
3. Измерьте длину подвеса мерной лентой.
4. Измерьте время  $\Delta t$  40 полных колебаний ( $N$ ).
5. Повторите измерения  $\Delta t$  (не изменяя условий опыта) и найдите среднее значение  $\Delta t_{cp}$ .
6. Вычислите среднее значение периода колебаний  $T_{cp}$  по среднему значению  $\Delta t_{cp}$ .
7. Вычислите значение  $g_{cp}$  по формуле:

$$g_{cp} = \frac{4\pi^2}{T_{cp}^2} l. \quad (3)$$

8. Полученные результаты занесите в таблицу:



Номер опыта	l, м	N	$\Delta t, c$	$\Delta t_{cp}, c$	$T_{cp} = \frac{\Delta t_{cp}}{N}, c$	$g_{cp}, \frac{M}{c^2}$

9. Сравните полученное среднее значение для  $g_{cp}$  со значением

$g=9,8 \frac{M}{c^2}$  и рассчитайте относительную погрешность измерения по формуле:

$$\varepsilon_g = \frac{|g_{cp} - g|}{g}$$

#### Лабораторная работа №4

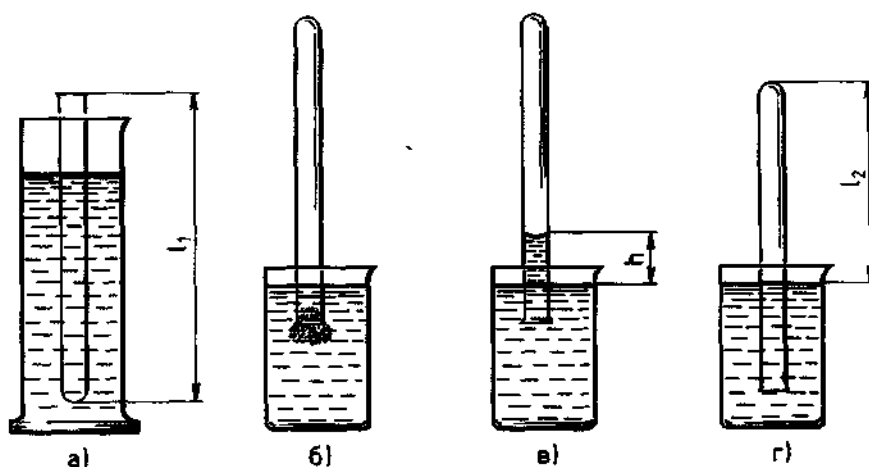
#### ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГАЗОВЫХ ЗАКОНОВ.

Оборудование: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8—10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40—50 мм, наполненный горячей водой ( $t \sim 60^\circ C$ ); стакан с водой комнатной температуры; пластилин, термометр, линейка.

#### Теоретическая часть работы:

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ . Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3—5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой (рис. а). В этом случае объем воздуха  $V_1$  равен объему стеклянной трубки, а температура — температуре горячей воды  $T_1$ . Это — первое состояние. Чтобы при



переходе воздуха в следующее состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином. После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры (рис. б), а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке (рис. в) объем воздуха в ней станет равным  $V_2 < V_1$ , а давление  $p = p_{атм} - pgh$ . Чтобы давление воздуха в трубке вновь стало равным атмосферному, необходимо увеличивать глубину погружения трубки в стакан до тех пор, пока уровни воды в трубке и в стакане не выровняются (рис. г). Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре  $T_2$  окружающего воздуха. Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине

Поэтому в работе следует сравнить отношения. Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура — термометром.

## Подготовка к проведению работы

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей (см. таблицу) для записи результатов измерений и вычислений

Таблица

Измерено					Вычислено					
$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$t_1$ , °С	$t_2$ , °С	$\Delta_{и1}$ , мм	$\Delta_{о1}$ , мм	$\Delta l$ , мм	$T_1$ , К	$T_2$ , К	$\Delta_{иT}$ , К	$\Delta_{оT}$ , К
Вычислено										
$\Delta T$ , К	$l_1/l_2$	$\varepsilon_1$ , %	$\Delta_1$	$T_1/T_2$	$\varepsilon_2$ , %	$\Delta_2$				

2. Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

### Проведение эксперимента, обработка результатов

1. Измерьте длину  $l_1$  стеклянной трубки и температуру воды в цилиндрическом сосуде.

2. Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом рассказано выше. Измерьте длину  $l_2$  воздушного столба в трубке и температуру окружающего воздуха  $T_2$ .

3. Вычислите отношения  $l_1/l_2$  и  $T_1/T_2$ , относительные ( $\varepsilon_1$  и  $\varepsilon_2$ ) и абсолютные ( $\Delta_1$  и  $\Delta_2$ ) погрешности измерений этих отношений по формулам

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

4. Сравните отношения  $l_1/l_2$  и  $T_1/T_2$ .

5. Сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака.

### Контрольные вопросы

1. Почему после погружения стеклянной трубки в стакан с водой комнатной температуры и после снятия пластины вода в трубке поднимается?

2. Почему при равенстве уровней воды в стакане и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?

## **Практическая работа №5**

### **Измерение влажности воздуха**

**Теория.** В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью. Абсолютная влажность определяется плотностью водяного пара  $\rho_a$ , находящегося в атмосфере, или его парциальным давлением  $p_n$ . Парциальным давлением  $p_n$  называется давление, которое производил бы водяной пар, если бы все другие газы в воздухе отсутствовали. Относительной влажностью  $\varphi$  называется отношение парциального давления  $p_n$  водяного пара, содержащегося в воздухе, к давлению насыщенного пара  $p_{н.п.}$  при данной температуре. Относительная влажность  $\varphi$  показывает, сколько процентов составляет парциальное давление от давления насыщенного пара при данной температуре и определяется по формулам:

$$\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п.}} \cdot 100\% \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{\rho_a}{\rho_{н.п.}} \cdot 100\%$$

Парциальное давление  $p_n$  можно рассчитать по уравнению Менделеева-Клапейрона или по точке росы. Точка росы - это температура, при которой водяной пар, находящийся в воздухе

становится насыщенным.

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью специальных приборов.

**Цель работы:** научиться пользоваться психрометром Августа и гигрометром и определять относительную влажность воздуха в классной комнате.

**Оборудование:** психрометр, конденсационный гигрометр, термометр, диэтиловый эфир, таблицы.

### Ход работы

#### 1. Работа с психрометром.

- Изучить устройство психрометра и принцип его действия.
- Проверить наличие воды в резервуаре и при необходимости долить ее.
- Снять показания сухого и смоченного термометров и определить разность их показаний.
- Пользуясь психрометрической таблицей, определить относительную влажность воздуха.

Результаты измерений занести в таблицу.

Показание термометров		Разность показаний термометров $\Delta t = t_c - t_{вд}$	Относительная влажность воздуха $\varphi$ , %
сухого $t_c$	смоченного $t_{вд}$		

Сделать вывод, указав физический смысл измеренной величины.

#### 2. Работа с конденсационным гигрометром.

- Изучить устройство и принцип действия конденсационного гигрометра.
- Определить по термометру температуру окружающего воздуха.
- Определить точку росы - температуру, при которой появляются капельки росы на блестящей поверхности гигрометра (для этого наполнить гигрометр эфиром и продуть через него воздух при помощи груши).
- По таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных температурах» определить давление насыщенного пара  $p_{н.п}$  при комнатной температуре и парциальное давление  $p_n$  при температуре росы.

- Пользуясь формулой  $\varphi = \frac{p_n}{p_{н.п}} \cdot 100\%$  вычислить относительную влажность.

Результаты измерений занести в таблицу.

Температура воздуха в комнате $t$	Точка росы $t_p$	Давление насыщенного пара при данной температуре $p_{н.п}$	Парциальное давление $p_n$	Относительная влажность $\varphi$ , %

Сделать вывод, указав физический смысл измеренной величины.

#### **Ответить на контрольные вопросы.**

1. Какой пар называется насыщенным? Что такое динамическое равновесие; точка росы?
2. Почему показания смоченного термометра меньше, чем сухого?
3. Как, зная точку росы, можно определить парциальное давление?
4. Почему при продувании воздуха через эфир на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса?
5. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одинаковую температуру. Какова относительная

### **Практическая работа №6.**

#### **Наблюдение роста кристаллов.**

**Цель работы:** научиться выращивать кристаллы и наблюдать их рост.

**Оборудование:** стакан с кипятком, поваренная соль, нить.

**Ход работы:**

1) Возьмем стакан с кипятком и поваренную соль.

2) В стакан с кипятком будем добавлять соль и тщательно размешивать ее до тех пор пока соль не перестанет растворяться и у нас получится насыщенный раствор поваренной соли.

3) Возьмем нитку и привяжем к ней кристаллик поваренной соли.

4) Опустим кристаллик в насыщенный соляной раствор. И в течении трех дней будем наблюдать рост кристалла.

Заметить, что

1) На стенках стакана появится налет соли.

2) Кристаллик поваренной соли увеличится. И к нити на которой был привязан кристаллик прилипли другие кристаллики поваренной соли.

Сделать вывод.

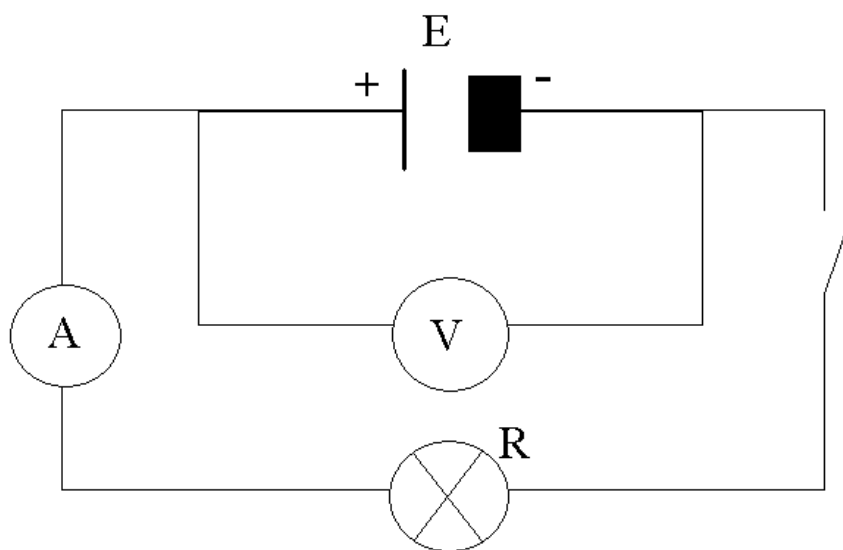
**Лабораторная работа №5.**

**«Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока»**

Оборудование: источник тока, амперметр, вольтметр, лампочка, ключ.

Ход работы

1. Собрать цепь



2. Измерить ЭДС при холостом ходе.

3. Замкнуть цепь и измерить токи напряжения на потребителе.

4. Таблица измерений

	$E,$ В	$I,$ А	$U,$ В	$r_0,$ Ом	Примечание
					Холостой ход
					Нагрузка
					Увеличение нагрузки
					Увеличение нагрузки

5. Вычислить внутреннее сопротивление источника тока из формулы закона Ома для полной цепи

6. Сделать выводы:

- 1) Что такое ЭДС?
- 2) Почему с увеличением нагрузки уменьшается напряжение на потребителе?
- 3) Какой аккумулятор лучше: щелочной или кислотный и почему?

### Лабораторная работа №6.

#### «Изучение явления электромагнитной индукции»

Цель – изучение явления электромагнитной индукции.



Оборудование:

1. Миллиамперметр.

2. Магнит.

3. Катушка-моток.

4. Источник тока.

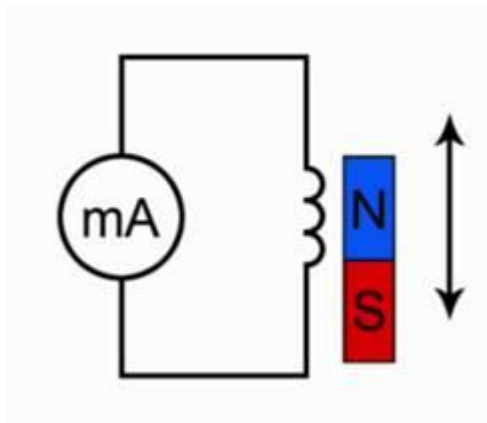
5. Реостат.

6. Ключ.

7. Катушка от электромагнита.

8. Соединительные провода.

Рис. 1. Экспериментальное оборудование

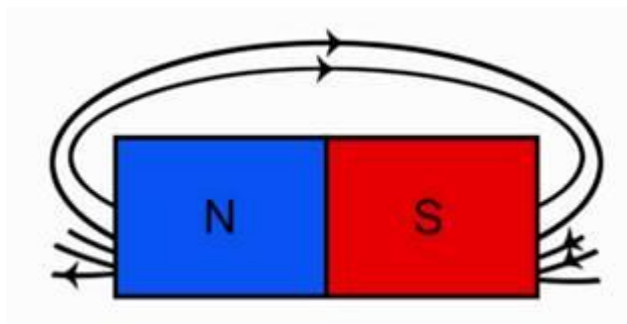


#### Опыт 1. Выводы

Начнем лабораторную работу со сбора установки. Чтобы собрать схему, которую мы будем использовать в лабораторной работе, присоединим моток-катушку к миллиамперметру и используем магнит, который будем приближать или удалять от катушки.

Одновременно с этим мы должны вспомнить, что будет происходить, когда будет появляться индукционный ток.

Рис. 2. Эксперимент 1



Подумайте над тем, как объяснить наблюдаемое нами явление. Каким образом влияет магнитный поток на то, что мы видим, в частности происхождение электрического тока. Для этого посмотрите на вспомогательный рисунок.

Рис. 3. Линии магнитного поля постоянного полосового

Обратите внимание, что линии магнитной индукции выходят из северного полюса, входят в южный полюс. При этом количество этих линий, их густота различна на разных участках магнита. Обратите внимание, что направление индукции магнитного поля тоже изменяется от точки к точке. Поэтому можно сказать, что **изменение магнитного потока приводит к тому, что в замкнутом проводнике возникает электрический ток, но только при движении магнита, следовательно, изменяется магнитный поток, пронизывающий площадь, ограниченную витками этой катушки.**

## Опыт 2. Выводы

Следующий этап нашего исследования электромагнитной индукции связан с определением направления индукционного тока. О направлении индукционного тока мы можем судить по тому, в какую сторону отклоняется стрелка миллиамперметра. Воспользуемся дугообразным магнитом и увидим, что при приближении магнита стрелка отклонится в одну сторону. Если теперь магнит двигать в другую сторону, стрелка отклонится в другую сторону. В результате проведенного эксперимента мы можем сказать, что от направления движения магнита зависит и направление индукционного тока. Отметим и то, что от полюса магнита тоже зависит направление индукционного тока.

Обратите внимание, что величина индукционного тока зависит от скорости перемещения магнита, а вместе с тем и от скорости изменения магнитного потока.

Вторая часть нашей лабораторной работы связана будет с другим экспериментом. Посмотрим на схему этого эксперимента и обсудим, что мы будем теперь делать.

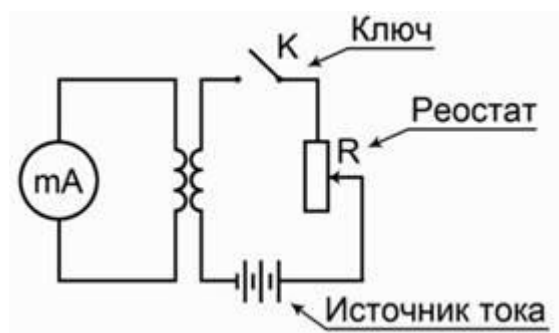


Рис. 4. Эксперимент 2

Во второй схеме в принципе ничего не изменилось относительно измерения индукционного тока. Тот же самый миллиамперметр, присоединенный к мотку катушки. Остается все, как было в первом случае. Но теперь изменение магнитного потока мы будем получать не за счет движения постоянного магнита, а за счет изменения силы тока во второй катушке.

В первой части будем исследовать наличие индукционного тока при замыкании и размыкании цепи. Итак, первая часть эксперимента: мы замыкаем ключ. Обратите внимание, ток нарастает в цепи, стрелка отклонилась в одну сторону, но обратите внимание, сейчас ключ замкнут, а электрического тока миллиамперметр не показывает. Дело в том, что нет изменения магнитного потока, мы уже об этом говорили. Если теперь ключ размыкать, то миллиамперметр покажет, что направление тока изменилось.

Во втором эксперименте мы проследим, как возникает индукционный ток, когда меняется электрический ток во второй цепи.

Следующая часть опыта будет заключаться в том, чтобы проследить, как будет изменяться индукционный ток, если менять величину тока в цепи за счет реостата. Вы знаете, что если мы изменяем электрическое сопротивление в цепи, то, следуя закону Ома, у нас будет меняться и

электрический ток. Раз изменяется электрический ток, будет изменяться магнитное поле. В момент перемещения скользящего контакта реостата изменяется магнитное поле, что приводит к появлению индукционного тока.



### Генератор

В заключение лабораторной работы мы должны посмотреть на то, как создается индукционный электрический ток в генераторе электрического тока.

Рис. 5. Генератор электрического тока

Главная его часть – это магнит, а внутри этих магнитов располагается катушка с определенным количеством намотанных витков. Если теперь вращать колесо этого генератора в обмотке катушки будет наводиться индукционный электрический ток. Из эксперимента видно, что увеличение числа оборотов приводит к тому, что лампочка начинает гореть ярче.

## Лабораторная работа №7

### «Измерение длины световой волны».

Цель работы(сформулировать самостоятельно).

Теоретическая часть:

1.Интерференцией света называется явление \_\_\_\_\_

2.Интерференционный максимум наблюдается при условии \_\_\_\_\_

3.Дифракция света это явление \_\_\_\_\_

4.Дифракционная решетка представляет собой \_\_\_\_\_

5.Максимум у дифракционной решетки наблюдается при условии \_\_\_\_\_

#### Оборудование:

источник электропитания, лампа, ключ, экран со щелью, дифракционная решетка, магнитный держатель, планшет, лист с разметкой, соединительные провода.

Монтаж экспериментальной установки:

Накройте планшет листом с разметкой. Соедините лампу с ключом и подключите к источнику тока. На одном краю планшета поверх листа с разметкой установите лампу, ключ и экран. Лампу устанавливают так, чтобы её нить накала располагалась на осевой линии координатной сетки. Экран и нить накала должны располагаться на одной линии координатной сетки, перпендикулярной осевой линии. На противоположной стороне планшета установите магнитный держатель с закрепленной на нем дифракционной решеткой. Центр дифракционной решетки должен располагаться на одной линии центром нити накала лампы (на осевой линии).

Проведение эксперимента:

1. Включите лампу и, посмотрев на нее сквозь дифракционную решетку, наблюдайте дифракционные спектры первого порядка. Чтобы увидеть дифракционную картину необходимо смотреть на лампу под некоторым углом относительно линии, соединяющей решетку и лампу (см. рис 1).

2. Перемещая экран вдоль координатной линии, совместите его щель с линией красного цвета дифракционного спектра.

3. Измерьте по координатной сетке расстояние от лампы до решетки и расстояние от середины нити лампы до щели экрана, совмещенной с красным цветом.

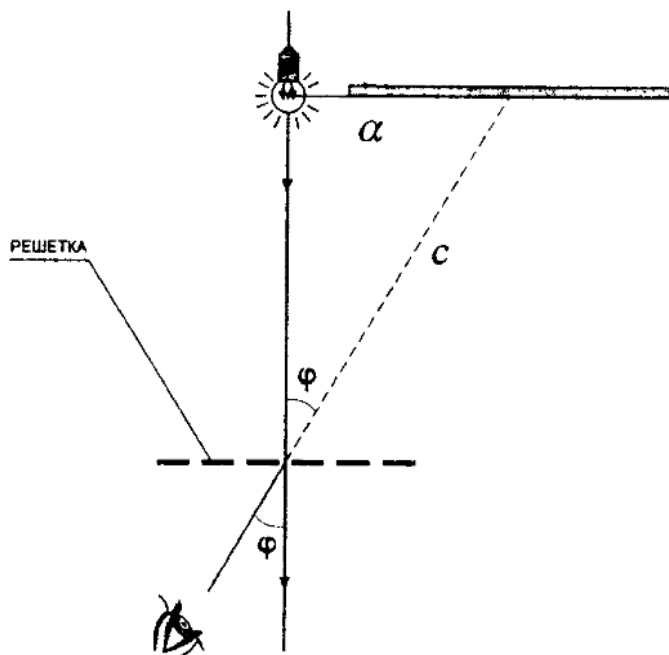
4. Используя формулу для определения положения дифракционного максимума, вычислите величину длины волны красного цвета.

5. Повторите измерения и вычислите длину волны фиолетового цвета.

Вывод: \_\_\_\_\_

Дополнительное задание: Сравните чередование цветов в дифракционном спектре с чередованием цветов в дисперсионном спектре сделайте вывод и объясните причину \_\_\_\_\_

Рис.1





## Практическая работа №7 Расчет электрического сопротивления.

**Цель:** научиться измерять сопротивление проводника при помощи амперметра и вольтметра. Убедиться на опыте в том, что сопротивление проводника не зависит от силы тока в нём и напряжения на его концах.

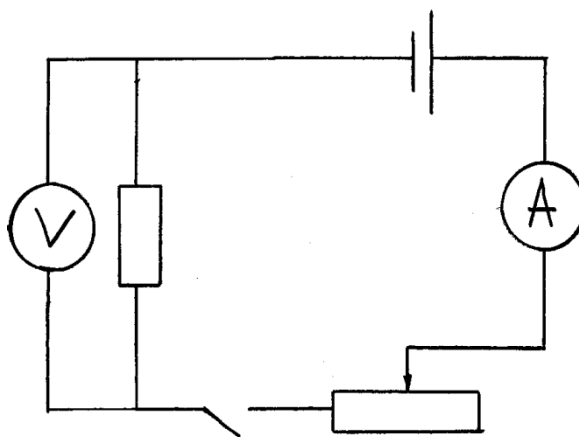
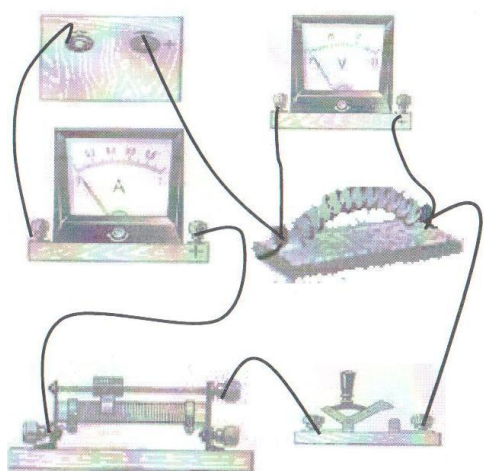
**Оборудование:** источник питания, исследуемый проводник, амперметр, вольтметр, ползунковый реостат, ключ, электрическая лампочка, соединительные провода.

### Ход работы.

#### Правила техники безопасности.

*Будьте осторожны и внимательны, вы работаете с электрическим током! Убедитесь в том, что изоляция проводников не нарушена. Оберегайте приборы от падения. Не допускайте предельных нагрузок измерительных приборов. Слушайте указания учителя. Без проверки учителем электрической цепи, ток не включать.*

1. Соберите цепь, последовательно соединив источник питания, амперметр, спираль, реостат, ключ. Начертите схему этой цепи.



2.

Измерьте силу тока в цепи.

3. К концам исследуемого проводника присоедините вольтметр и измерьте напряжение на его концах.

4. С помощью реостата измените сопротивление в цепи и снова измерьте силу тока и напряжение на исследуемом проводнике.

5. Результаты измерений запишите в таблицу.

	№ опыта	Сила тока I, А	Напряжение U, В	Сопротивление R, Ом
<b>Проводник</b>	<b>1</b>			
	<b>2</b>			
	<b>3</b>			
<b>Лампа</b>				

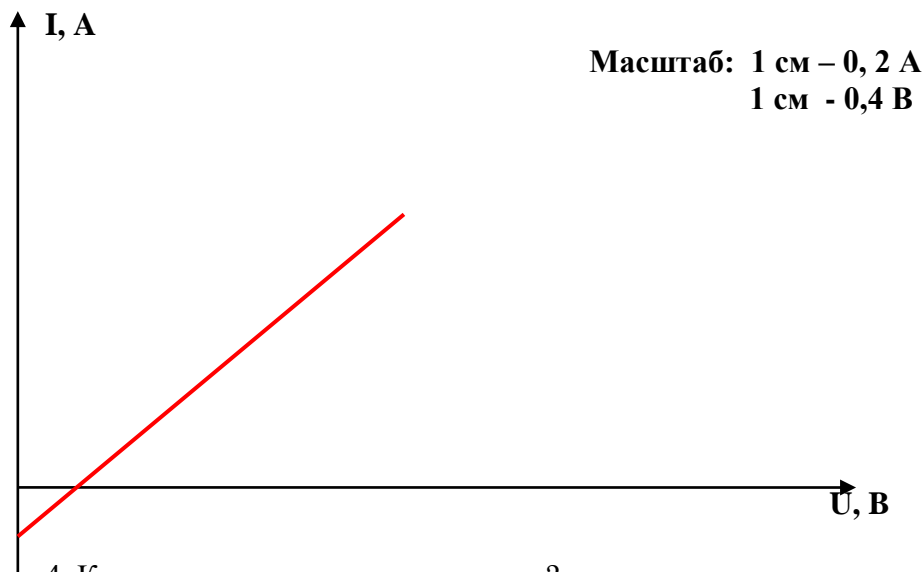
6. Используя закон Ома, вычислите сопротивление проводника по данным каждого опыта. Результаты вычислений занесите в таблицу.

**$I = U/R$  - закон Ома**

7. Сделайте вывод.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Зависит ли сопротивление проводника от силы тока в нём?
2. Зависит ли сопротивление проводника от напряжения на его концах?
3. По данным измерений постройте график зависимости силы тока в проводнике от напряжения на его концах.



4. Как называется такая зависимость?

### Практическая работа №8. Расчет удельного сопротивления.

Сопротивление проводника можно измерить двумя способами:

1. Измерение сопротивления по методу с точным измерением тока (основным измерительным прибором является амперметр).
2. Измерение сопротивления с точным измерением напряжения.

При измерении по первому методу используется схема №1, по второму схема №2.

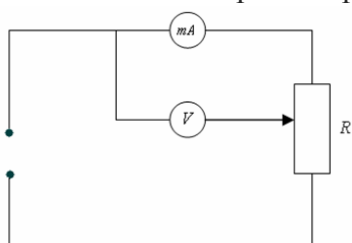


схема 1

При работе с данной схемой воспользуемся следующими формулами:

$$R = R_0 - R_A \quad R_0 = \frac{U}{I} \quad \text{Где } R_0 - \text{общее сопротивление, } R_A -$$

внутреннее сопротивление амперметра,  $U$  – показания вольтметра,  $I$  – показания амперметра.

Рассмотрим теперь схему 2:

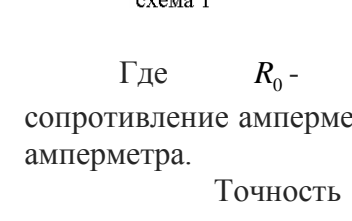


схема 2

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_V} \quad R_0 = \frac{U}{I}$$

сопротивление,  $R_V$  – внутреннее сопротивление вольтметра,  $I$  – показания

расчетов по этим схемам определяется показаниями вольтметра. Теперь если мы в качестве проводника длиной  $l$ , поперечным

Где  $R_0$  – общее сопротивление амперметра,  $U$  – показания вольтметра,  $I$  – показания амперметра.

Точность измерения сопротивления зависит от точности амперметра и вольтметра. Если сопротивление возьмем  $R$ , то, зная  $R$ , сможем определить удельное сопротивление:  $\rho = R \frac{S}{l}$

Выполнение работы.

Измерение удельного сопротивления по методу с точным измерением тока.

1. Включить прибор с помощью переключателя «сеть»
2. Установить режим точного измерения тока
3. Передвижной кронштейн установить на 0.7 длины резисторного провода по отношению к основанию.

4. При помощи потенциометра установить такое значение тока, что бы вольтметр показывал  $\frac{2}{3}$  измерительного диапазона.

5. Снять показания вольтметра и амперметра.

6. Определить длину измеряемого провода при помощи шкалы прибора.

7. Подобные измерения произвести 5-7 раз, данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

n\п	I(A)	U(B)	l(см)	S(мм <sup>2</sup> )	$R_0 = \frac{U}{I}$	R(Ом)	$\rho$	$\rho \pm \Delta\rho$
-----	------	------	-------	---------------------	---------------------	-------	--------	-----------------------

8. По формуле  $R = \frac{U}{I} - R_A = R_0 - R_A$  определить R;  $R_A = 0.15 \text{ Ом}$  - сопротивление амперметра.

9. По формуле  $R_0 = \frac{U}{I}$  определить удельное сопротивление исследуемого проводника. Диаметр проводника  $d=0.36 \text{ мм}$ .

10. Рассчитать погрешность измерений.

Измерение удельного сопротивления по методу с точным определением напряжения.

1. Включить прибор с помощью переключателя «сеть»

2. Установить режим точного измерения напряжения.

3. Согласно пунктам 3-7 первой части провести измерения, данные занести в таблицу 2

Таблица 2

n\п	I(A)	U(B)	l(см)	S(мм <sup>2</sup> )	$R_0 = \frac{U}{I}$	R(Ом)	$\rho$	$\rho \pm \Delta\rho$
-----	------	------	-------	---------------------	---------------------	-------	--------	-----------------------

4. Пользуясь формулой  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_0} - \frac{1}{R_V} = \frac{U}{I} - \frac{1}{R_V}$ , определите R;  $R_V = 2500 \text{ Ом}$  – внутренне сопротивление проводника.

5. Рассчитать погрешность измерений.

Контрольные вопросы:

1. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
2. Сопротивление, удельное сопротивление, зависимость удельного сопротивления от температуры.
3. Вывод рабочих формул.

### Практическая работа №9

#### «Доказательство закона Ома для участка цепи»

**Цель работы:** установить на опыте зависимость силы тока от напряжения и сопротивления.

**Оборудование:** амперметр лабораторный, вольтметр лабораторный, источник питания, набор из трёх резисторов сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом, 4 Ом, реостат, ключ замыкания тока, соединительные провода.

#### Ход работы.

#### Краткие теоретические сведения

Электрический ток - упорядоченное движение заряженных частиц

Количественной мерой электрического тока служит **сила тока I**

**Сила тока** - – скалярная физическая величина, равная отношению заряда  $q$ , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал

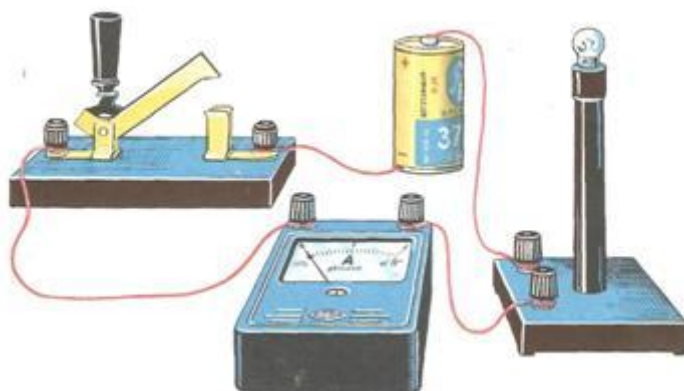
времени  $t$ , к этому интервалу времени:

$$I = \frac{q}{t}$$

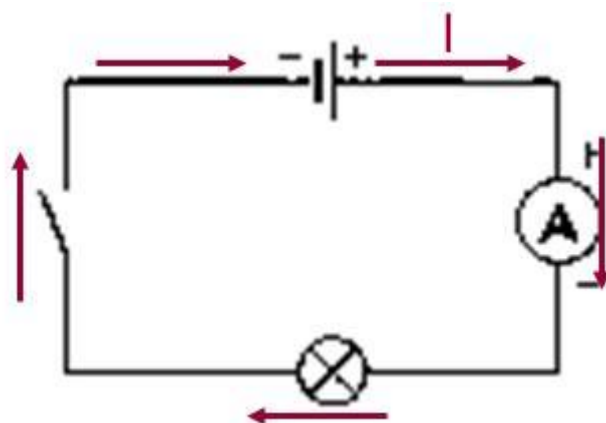
В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в амперах [А].

$$[1\text{А} = 1\text{Кл}/1\text{с}]$$

Прибор для измерения силы тока **Амперметр**. Включается в цепь **последовательно**



На схемах электрических цепей амперметр обозначается



**Напряжение** – это физическая величина, характеризующая действие электрического поля на заряженные частицы, численно равно работе электрического поля по перемещению заряда из точки с потенциалом  $\varphi_1$  в точку с потенциалом  $\varphi_2$

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 \quad U = \frac{A}{q}$$

U – напряжение

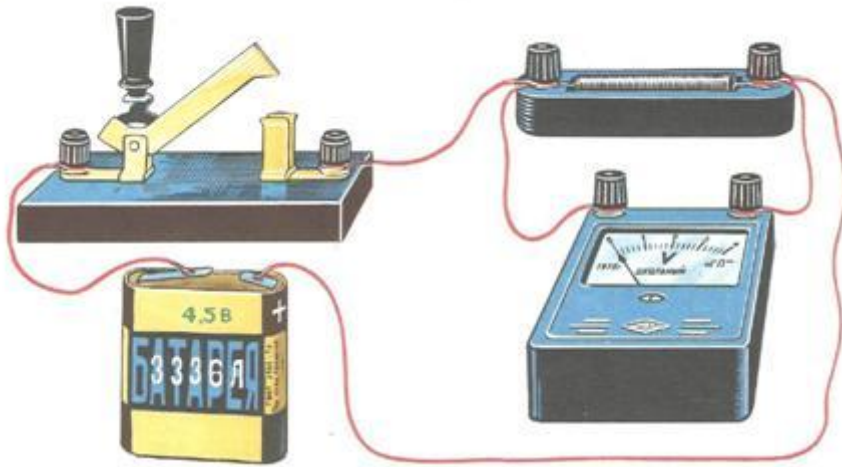
A – работа тока

q – электрический заряд

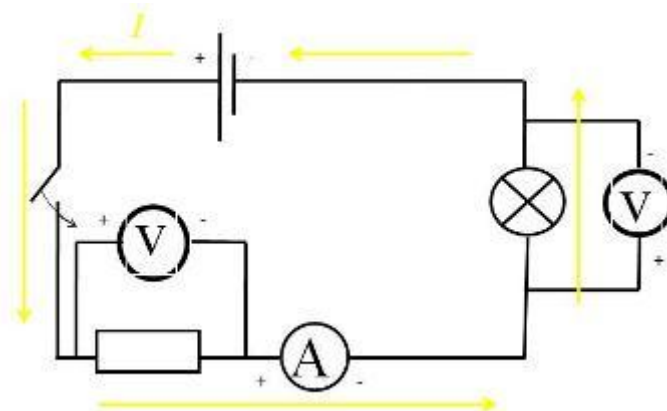
Единица напряжения – Вольт [В]

[1В=1Дж/1Кл]

Прибор для измерения напряжения – **Вольтметр**. Подключается в цепь параллельно тому участку цепи, на котором измеряется разность потенциалов.



На схемах электрических цепей амперметр обозначается .



*Величина, характеризующая противодействие электрическому току в проводнике, которое обусловлено внутренним строением проводника и хаотическим движением его частиц, называется **электрическим сопротивлением проводника**.*

*Электрическое сопротивление проводника зависит от **размеров** и **формы** проводника и от **материала**, из которого изготовлен проводник.*

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

S – площадь поперечного сечения проводника

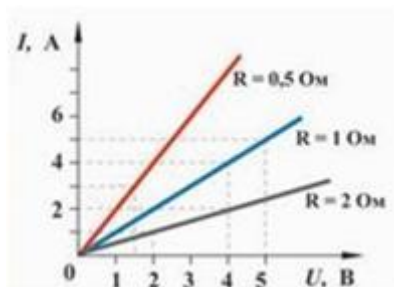
l – длина проводника

$\rho$  – удельное сопротивление проводника

В СИ единицей электрического сопротивления проводников

служит ом [Ом].

### Графическая зависимость силы тока $I$ от напряжения $U$ - вольт-амперная характеристика



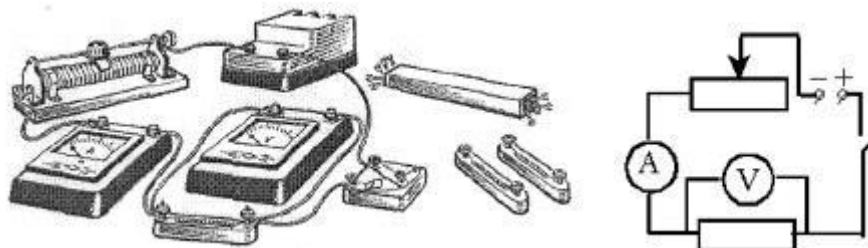
**Закон Ома для однородного участка цепи: сила тока в проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.**

$$I = \frac{U}{R}$$

Назван в честь его первооткрывателя **Георга Ома**.

### Практическая часть

1. Для выполнения работы соберите электрическую цепь из источника тока, амперметра, реостата, проволочного резистора сопротивлением 2 Ом и ключа. Параллельно проволочному резистору присоедините вольтметр (см. схему).



2. **Опыт 1. Исследование зависимости силы тока от напряжения на данном участке цепи.** Включите ток. При помощи реостата доведите напряжение на зажимах проволочного резистора до 1 В, затем до 2 В и до 3 В. Каждый раз при этом измеряйте силу тока и результаты записывайте в табл. 1.

Таблица 1. Сопротивление участка 2 Ом

Напряжение, В			
Сила тока, А			

3. По данным опытов постройте график зависимости силы тока от напряжения. Сделайте вывод.

**4. Опыт 2.** Исследование зависимости силы тока от сопротивления участка цепи при постоянном напряжении на его концах. Включите в цепь по той же схеме проволочный резистор сначала сопротивлением 1 Ом, затем 2 Ом и 4 Ом. При помощи реостата устанавливайте на концах участка каждый раз одно и то же напряжение, например, 2 В. Измеряйте при этом силу тока, результаты записывайте в табл 2.

Таблица 2. Постоянное напряжение на участке 2 В

Сопротивление участка, Ом			
Сила тока, А			

**5.** По данным опытов постройте график зависимости силы тока от сопротивления. Сделайте вывод.

**6.** Ответьте на контрольные вопросы.

### Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток?
2. Дайте определение силы тока. Как обозначается? По какой формуле находится?
3. Какова единица измерения силы тока?
4. Каким прибором измеряется сила тока? Как он включается в электрическую цепь?
5. Дайте определение напряжения. Как обозначается? По какой формуле находится?
6. Какова единица измерения напряжения?
7. Каким прибором измеряется напряжение? Как он включается в электрическую цепь?
8. Дайте определение сопротивления. Как обозначается? По какой формуле находится?
9. Какова единица измерения сопротивления?
10. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.

### Практическая работа №10.

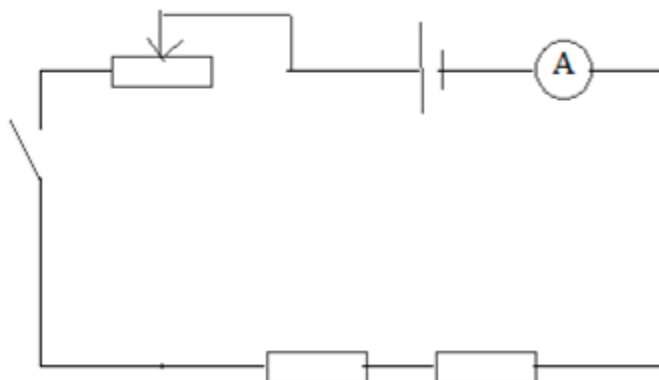
#### «Доказательство законов последовательного соединения проводников»

Цель работы: на опыте проверить правильность законов последовательного соединения проводников.

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

Теория. При последовательном соединении проводников сила тока одинакова на всех участках цепи, а напряжение и сопротивление всей цепи равны сумме напряжений и сопротивлений на отдельных участках цепи. Последовательное соединение проводников используют в случае, когда к источнику тока нужно подключить прибор, рассчитанный на меньшее напряжение. Добавочное сопротивление, которое называют шунтом, подключают последовательно, увеличивая общее сопротивление цепи и уменьшая при этом силу тока в цепи.

Схема.



Цена деления амперметра:     A

Цена деления вольтметра:    B

Порядок выполнения работы.

1. Собрать электрическую цепь по схеме.
2. С помощью реостата отрегулировать силу тока в цепи и измерить значение силы тока в цепи
3. Изменить положение амперметра в цепи два раза и убедиться, что сила тока не изменилась. Результаты измерений внести в таблицу.
4. Измерить напряжение на 1-м, 2-м резисторах и напряжение на обоих резисторах вместе. Результаты измерений внести в таблицу.
5. Убедиться, что напряжение на обоих резисторах равно сумме напряжений на отдельных резисторах.
6. Рассчитать с помощью закона Ома для участка цепи сопротивление резисторов:

$$I = \frac{U}{R}, \quad R = \frac{U}{I}$$

для всех трех опытов и результаты вычислений внести в таблицу.

7. Убедиться, что общее сопротивление резисторов равно сумме сопротивлений отдельных резисторов.

№ опыта	Сила тока,	Напряжение,	Сопротивление,
---------	------------	-------------	----------------



	I, А	U, В	R, Ом
1			
2			
3			

8. Сделайте вывод, исходя из цели работы.

### Практическая работа №11

#### «Доказательство законов параллельного соединения проводников»

**Цель работы:** на опыте проверить правильность законов параллельного соединения проводников.

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

Теория.

При параллельном соединении проводников напряжение одинаково на всех участках цепи, сила тока в цепи равна сумме сил токов на отдельных участках цепи. Величину, обратную сопротивлению проводника, называют его проводимостью:  $1/R$ . При параллельном соединении общая проводимость цепи равна сумме проводимостей отдельных участков цепи:

$$1/R_{\text{цепи}} = 1/R_1 + 1/R_2$$

При параллельном соединении 2-х резисторов общее сопротивление после математических преобразований можно рассчитать по формуле:

$$R_{\text{цепи}} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$$

Параллельное соединение проводников широко используют в быту, так как оно позволяет включать приборы в сеть независимо друг от друга.

Схема.

Цена деления амперметра: А

Цена деления вольтметра: В

Порядок выполнения работы.

Собрать электрическую цепь по схеме.

С помощью реостата отрегулировать силу тока в цепи и измерить значение силы тока в цепи

Изменить положение амперметра в цепи два раза и результаты измерений внести в таблицу.

Убедиться, что сила тока в цепи равны сумме сил токов на отдельных резисторах.

Измерить напряжение на 1-м, 2-м резисторах и убедиться, что оно одинаково. Результаты измерений внести в таблицу.

Рассчитать с помощью закона Ома для участка цепи сопротивление резисторов:

для всех трех опытов и результаты вычислений внести в таблицу.

Рассчитать общее сопротивление резисторов по формуле:

$$R_{\text{общ}} = R_1/R_2 / (R_1 + R_2)$$

Убедиться, общее сопротивление резисторов, рассчитанное по формулам в п.6 и в п.7 примерно равны.

№ опыта	Сила тока, I, А	Напряжение, U, В	Сопротивление, R, Ом
1			
2			
3			

Сделайте вывод, исходя из цели работы.

**Практическая работа №12.**  
**«Определение показателя преломления стекла»**

**Цель работы:** определить показатель преломления стекла с помощью плоскопараллельной пластинки.

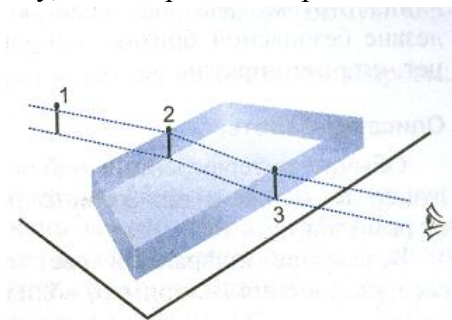
**Оборудование:** плоскопараллельная пластинка, булавки, линейка, транспортир.

**Описание работы:**

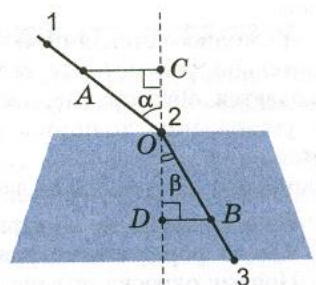
После прохождения через стеклянную плоскопараллельную пластинку луч света смещается, однако его направление остается прежним. Анализируя ход луча света, можно с помощью геометрических построений определить показатель преломления стекла  $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$ , где  $\alpha$  и  $\beta$  - соответственно угол падения и угол преломления светового луча.

**Ход работы:**

1. Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку.
2. Воткните в картон по одну сторону пластинки две булавки – 1 и 2 так, чтобы булавка 2 касалась грани пластинки. Они будут отмечать направление падающего луча.
3. Глядя сквозь пластинку, воткните третью булавку так, чтобы смотреть сквозь пластинку, она закрывала первые две. При этом третья булавка тоже должна касаться пластины.



4. Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.
5. Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.
6. Отметьте на лучах точки А и В такие, что  $OA=OB$ . Из точек А и В опустите перпендикуляры АС и ВD на перпендикуляр к границе пластинки.



7. Измерив АС и ВD, вычислите показатель преломления стекла, используя формулы:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}; \sin \alpha = \frac{AC}{OA}; \sin \beta = \frac{BD}{OB} = \frac{BD}{OA}; n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{BD}$$

8. Повторите опыт и расчеты, изменив угол падения  $\alpha$ .
9. Результаты измерений и вычислений запишите в

таблицу.

№ опыта	АС, мм	ВD, мм	n

10. Сделайте вывод.

## Практическая работа №13

### Исследование собирающей линзы

Цель работы: изучение методов определения фокусных расстояний линз и зеркал; наблюдение и оценка их aberrаций.

#### Введение.

Широкое применение линз и сферических зеркал объясняется их свойством, при определенных условиях, превращать расходящиеся гомоцентрические пучки лучей в гомоцентрические сходящиеся пучки, т.е. давать изображения предмета, подобные объекту. Собирающие (рассеивающие) свойства линз и зеркал количественно описываются формулой зеркала и формулой линзы, которые легко получить из *формулы преломляющей поверхности* (1):

$$\frac{n_1}{a_1} - \frac{n_2}{a_2} = \frac{n_1 - n_2}{R} \quad (1)$$

Здесь  $a_1$  – расстояние от источника света L до вершины S сферической поверхности радиусом R, разделяющей две среды с показателями преломления  $n_1$  и  $n_2$  (рис.1),  $a_2$  – расстояние от вершины до изображения источника света L'.

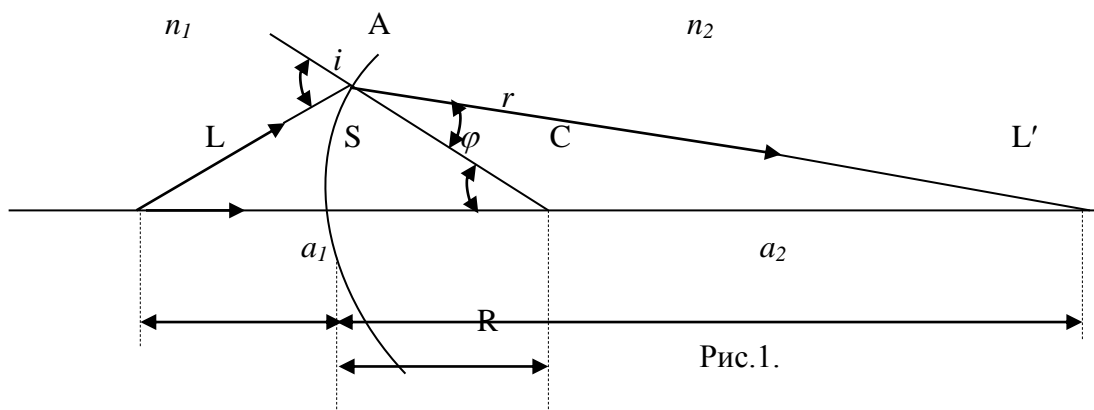


Рис.1.

Видно, что положение изображения L', т.е.  $a_2$  – однозначно определяется через  $a_1, n_1, n_2, R$ , т.е. точка изображается точкой. При выводе этой формулы принято следующее правило знаков: все расстояния отсчитываются от вершины поверхности S и считаются положительными по ходу луча.

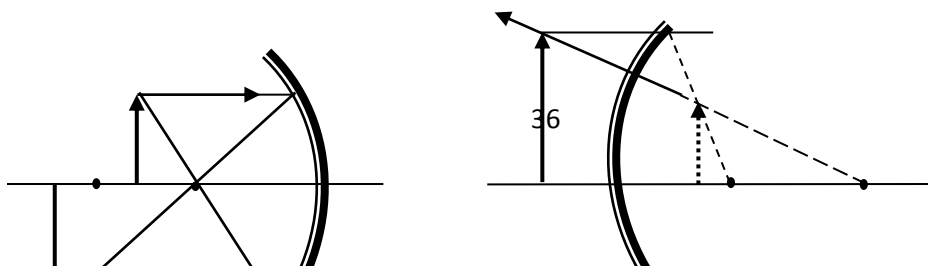
Если источник L расположен далеко от поверхности, т.е.  $a_1 = \infty$ , лучи падают на сферическую поверхность параллельным пучкам, то

$$a_2 = \frac{n_2 R}{n_2 - n_1} = const = f_2$$

т.е. бесконечно удаленная точка изображается на постоянном расстоянии  $f_2$ . Эта точка F<sub>2</sub> называется задним фокусом преломляющей поверхности.

Если  $a_2 = \infty$ , то  $a_1 = -\frac{n_1 R}{n_2 - n_1} = f_1$ . F<sub>1</sub> – передний фокус, т.е. если светящаяся точка находится в переднем фокусе (слева на расстоянии  $f_1$  от вершины), то сопряженная ей точка – на бесконечности.

Формула сферического зеркала. Закон преломления легко превратить в закон отражения, если положить формально  $n_2 = -n_1$ . В этом случае формула преломляющейся поверхности (1) превращается в *формулу сферического зеркала* (рис.2).





$$f_1 = -f_2 = \frac{1}{(N-1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)} \quad (4)$$

т.е. фокусы тонкой линзы лежат симметрично по обе стороны от нее, если слева и справа от линзы среда одна и та же. Пользуясь соотношением (4) формулу линзы (3) можно записать в виде (2).

Фокусное расстояние линзы  $f$ , или величина ему обратная  $D = \frac{1}{f}$ , называемая **оптической силой**, являются главными величинами, характеризующими линзу. Формула (3) показывает, что тонкая линза, как и преломляющая, дает стигматическое изображение, т.е. является системой идеальной.

До сих пор речь шла об изображении точки, взятой на главной оси (оптической). Изображение ее тоже лежит на главной оптической оси. Поэтому и фокусы  $F_1$  и  $F_2$  называются *главными фокусами*. В отличие от главных фокусов иногда говорят о *побочных фокусах*, когда источник и его изображение лежат на побочной оси (*побочная ось* – любая прямая, проходящая через оптический центр). В теории тонких линз считается, что побочные фокусы расположены в плоскостях, проходящих через главные фокусы перпендикулярно главной оптической оси.

Построение изображений. Увеличение. Установленные выше понятия главной и побочной оптических осей, главных и побочных фокусов позволяют просто находить изображения в сферических зеркалах и тонких линзах. Рассмотрим пример (рис. 4):

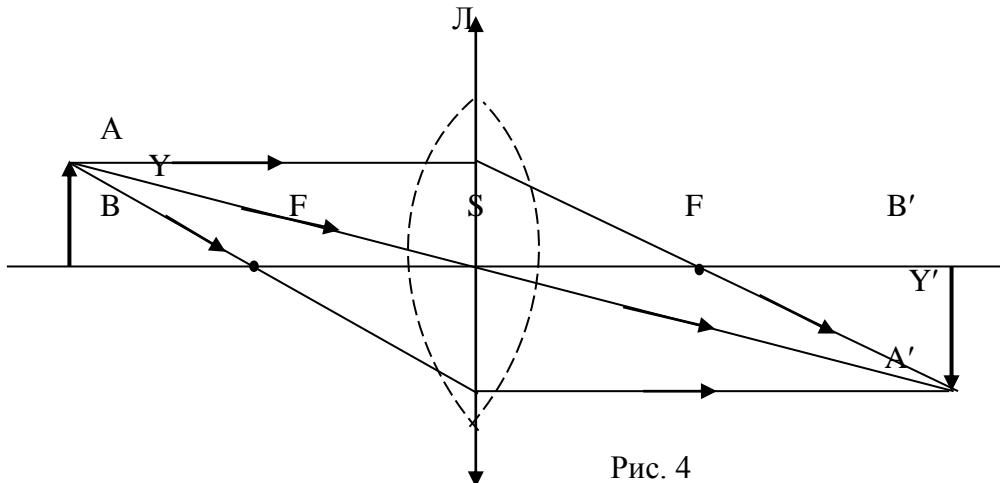


Рис. 4

Задана линза, т.е. ее оптический центр  $S$  и фокусы. Для построения изображения точки  $A$  нужно взять расходящийся из этой точки пучок лучей. Возьмем его так, что один из лучей пойдет параллельно главной оптической оси, за линзой он пойдет через задний фокус. Другим лучом может быть луч, идущий через передний фокус, а за линзой делающийся параллельным главной оптической оси. Пересечение двух лучей в точке  $A'$  и будет изображением точки  $A$ . Вместо одного из этих лучей можно взять также побочную ось  $ASA'$ . Так как изображение подобно предмету, то изображение точки  $B$  будет на главной оптической оси в плоскости, проходящей через  $A'$ .

На практике является важным понятие поперечного увеличения  $V_{\perp}$ , т.е. отношения величины изображения  $Y'$  к величине предмета  $Y$ . Из рисунка 4 видно, что

$$V_{\perp} = \frac{Y'}{Y} = \frac{a_2}{a_1} \quad (5)$$

Напомним, что при выводе формулы тонкой линзы предполагалось, что светящаяся точка испускает узкий приосевой пучок лучей (параксиальный, близкий к главной оптической оси) и что показатель преломления вещества линзы  $n$  постоянен. В этих предположениях тонкая линза

описывается формулой (3), из которой следует однозначная зависимость  $a_2(a_1)$ , т.е. стигматичность изображения; изображения предметов получаются геометрически подобными предмету.

Однако, вышеуказанные допущения практически осуществить не удастся хотя бы потому, что узкие параксиальные пучки несут мало света, светящиеся точки могут и не лежать вблизи главной оптической оси (а для объектов конечных размеров так будет всегда), вещество призмы обладает дисперсией, предметы имеют протяженность вдоль оптической оси. Все это приводит к астигматичности изображений в тонкой линзе: светящаяся точка изображается не точкой, а кружком рассеяния; поперечное увеличение также не остается постоянным - в целом изображение светящихся предметов получается геометрически не подобным предмету, а в белом свете еще и крашенным. Говорят, что линзы обладают *абберациями* (погрешностями). Различают много видов аббераций, которые всегда, в общем, ухудшают качество изображений. Задачей практической оптики, с момента изобретения первых оптических инструментов (телескопа и микроскопа) является построение безабберационных оптических систем. Комбинациями линз с различными оптическими свойствами и использованием диафрагм удастся построить практически идеальные оптические системы.

Познакомимся с основными видами аббераций.

а) Сферическая абберация – нарушает правильность изображения точек предмета, лежащих на оптической оси, при пользовании широким пучком лучей, т.е. при большом угле раскрытия линзы. Для исследования сферической абберации можно взять удаленную точку  $S$  на оптической оси, т.е. рассмотреть параллельный (но широкий) пучок лучей, падающих на собирающую линзу (рис.5а).

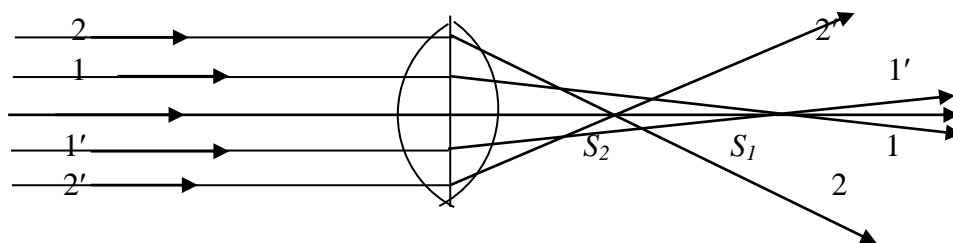


Рис. 5а.

Чтобы понять происхождение этого вида абберации достаточно мысленно разделить линзу на призмочки сечениями перпендикулярными плоскости чертежа. Видно, что преломляющие углы призм будут увеличиваться от центра к периферии, а так как угловое смещение луча при прохождении через призму возрастает с увеличением ее преломляющего угла, то ясно, что приосевые лучи  $11'$  пересекутся в точке  $S_1$ , по определению называемой фокусом линзы, а лучи  $22'$  удаленные от оси, попадая на призмы с большим преломляющим углом, сместятся и пересекут ось в точке  $S_2$ . Изображение точки растягивается вдоль оси на расстояние  $\delta = S_1 - S_2$ . Пользуясь известным правилом знаков, считают абберацию собирающих линз отрицательной (точка схождения удаленных от оси лучей находится между фокусом и линзой). Аналогично можно видеть, что рассеивающие линзы (рис.5,б) дают положительную сферическую абберацию,  $\delta = S_1 - S_2$ . Отсюда следует, что комбинацией собирающих и рассеивающих линз можно ликвидировать этот вид абберации.

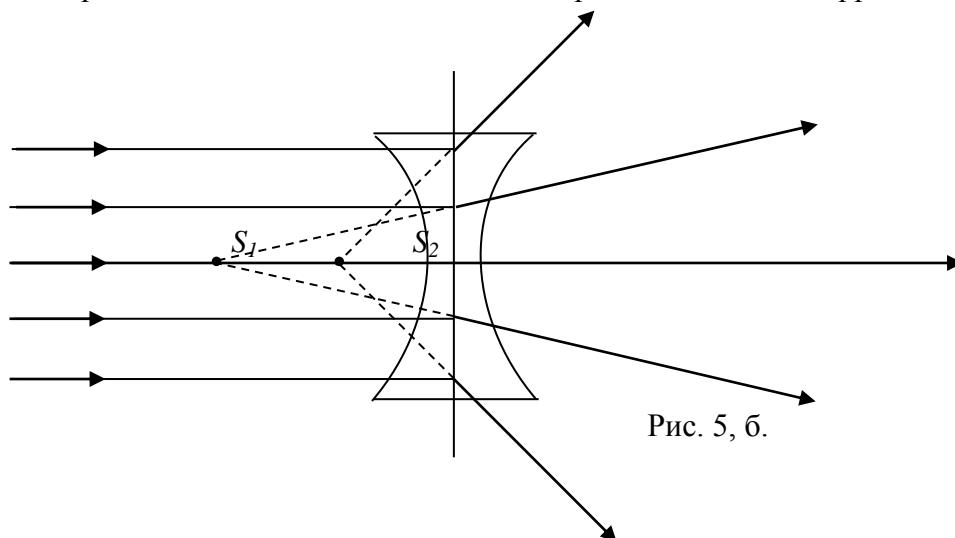


Рис. 5, б.

б) Астигматизм наклонных пучков. Даже узкие пучки лучей, но исходящие из точек, удаленных от оптической оси, не собираются в точку – наблюдается астигматизм наклонных пучков (рис.6).

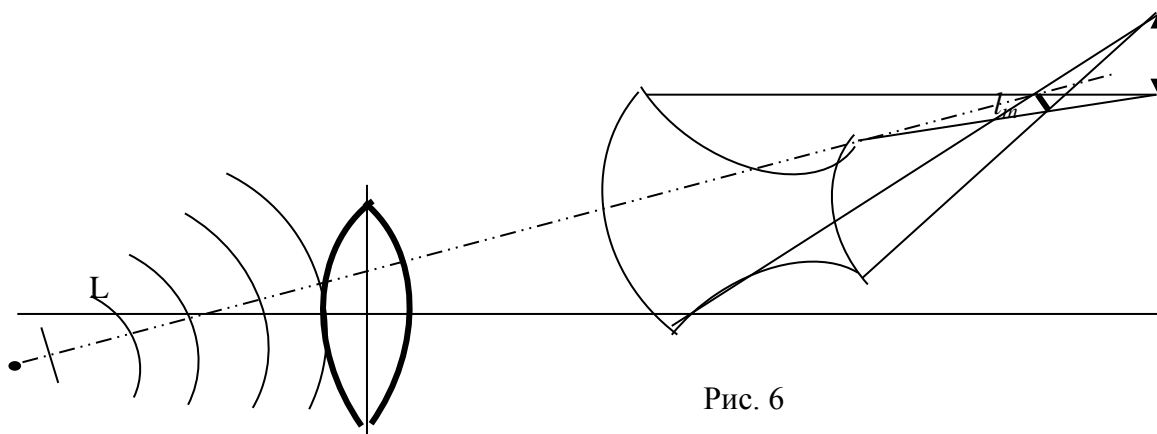


Рис. 6

До преломления лучи исходят из точки L радиально, а волновые поверхности строго сферические. За линзой волновые поверхности деформируются (разные лучи пучка идут в линзе не симметрично), становятся поверхностями двоякой кривизны. Такая поверхность будет сходиться с различной скоростью во взаимно перпендикулярных направлениях и нигде за линзой не сойдется в точку. На некотором расстоянии от линзы она сойдется в узкую горизонтальную полоску  $l_m$ , а далее в вертикальную полоску  $l_s$ . Вообще же узкий наклонный пучок изобразится кружком рассеяния. Количественно aberrация астигматизма характеризуется астигматической разностью  $\delta$ , т.е. расстоянием между изображениями  $l_m$  и  $l_s$ .

в) Дисторсия. Это искажение изображения вызвано неодинаковостью поперечного увеличения в пределах поля зрения, оно приводит к искривлению линий в плоскости изображения (рис. 7)

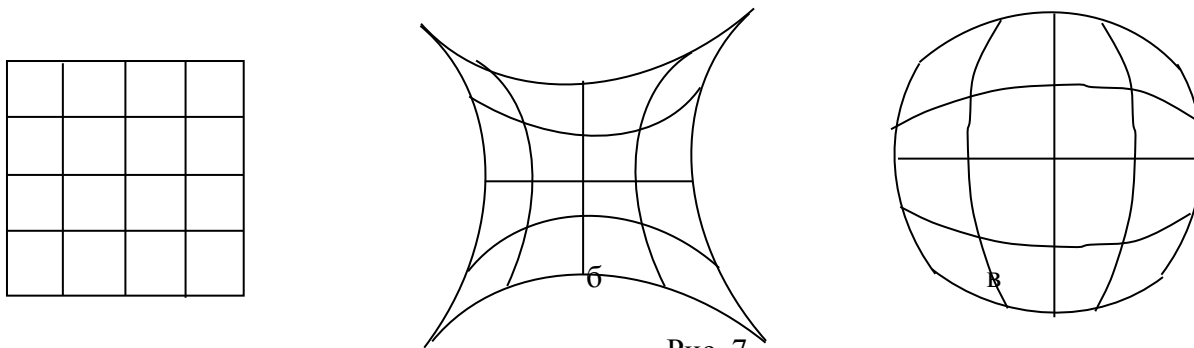


Рис. 7

Так, например, квадрат "а" изобразится в виде «подушки» "б", если поперечное увеличение растет с увеличением расстояния от оси системы, и в виде «бочки» "в", если увеличение уменьшается с удалением от оси.

г) Хроматическая aberrация является следствием дисперсии вещества линзы. Собирающие свойства линзы, т.е. ее фокусное расстояние, зависят от показателя преломления N по известному закону (4)

$$F = \frac{1}{(N-1) \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

Стекла обладают заметной дисперсией  $n = n(\lambda)$  и обычно показатель преломления фиолетовых лучей значительно больше показателя для красных лучей. Поэтому фиолетовые лучи, даже в линзе с исправленной сферической aberrацией, соберутся за линзой ближе, чем красные (рис.8)



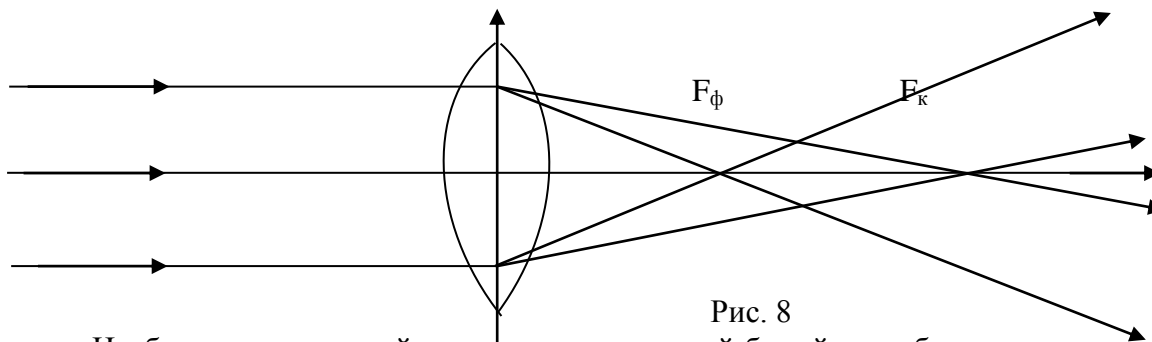


Рис. 8

Изображение светящейся точки, испускающей белый свет, будет в виде окрашенного кружка рассеяния. Мерой хроматической aberrации является величина  $\delta = f_{\kappa} - f_{\phi}$ .

### Экспериментальная часть

**Приборы и принадлежности:** оптическая скамья, линзы, экран, диафрагма, зеркало, предмет (стекло с сеткой), электрические лампочки на 220 В и на 6 В.

#### Задание 1. Определение фокусного расстояния собирающей линзы.

Фокусное расстояние собирающей линзы,  $f > 0$ , можно определить непосредственно из формулы  $\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} = \frac{1}{f}$  если известны расстояния  $a_1$  и  $a_2$ . Тогда

$$f = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2} \quad (6)$$

Если к тому же неизвестны размеры предмета  $Y$  и его изображения  $Y'$ , то из (5) и (6) получим

$$f = \frac{a_2 \cdot Y}{Y + Y'} \quad (7)$$

- На оптической скамье собрать схему (слева на право): осветитель (лампа на 220В), предмет, линза, экран с миллиметровой бумагой.
- Получив на экране изображение предмета, найти величины  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $Y$ ,  $Y'$  и записать в таблицу 1.
- Рассчитать значение  $f$ .

Таблица 1

№ о пыта	$a_1$	$a_2$	$f = \frac{a_1 \cdot a_2}{a_1 + a_2}$	$Y$	$Y'$	$f = \frac{a_2 \cdot Y}{Y + Y'}$

- Повторить измерения для уменьшенного изображения.
- Оценить погрешность измерений.

#### Задание 2. Определение фокусного расстояния вогнутого сферического зеркала.

а) Так как формула зеркала и формула линзы тождественны, то можно определить фокусное расстояние вогнутого зеркала аналогично предыдущему способу.

#### Задание 3. Изучение основных погрешностей формирования изображений линз.

Приборы и принадлежности: оптическая скамья, источники света (лампочки накаливания на 8 В), исследуемая (плосковыпуклая) и коллиматорная линзы, набор кольцевых диафрагм с диаметрами  $D_1 = 22\text{мм}$ ,  $D_2 = 70\text{мм}$ ,  $D_3 = 85\text{мм}$ , экран, предметы в виде сеток и креста, светофильтры.

а) *Сферическая aberrация.*

1. На оптической скамье собрать установку, состоящую из источника света (лампочка 8В), предмета (сетка), диафрагмы, исследуемой линзы и экрана.
2. Поместить в держатель первую диафрагму с  $D_1 = 22\text{мм}$  и добиться резкого изображения предмета на экране. Отметить расстояние  $a_1$  от предмета до линзы и от линзы до экрана  $a_2$ . Данные записать в таблицу 2.

Таблица 2

Диаметр диафрагмы	$a_1$	$a_2$	$\delta = a_2^1 - a_2^i$

3. Не меняя расстояние  $a_1$  повторить измерения с диафрагмами больших диаметров.
4. Найти величину продольной сферической aberrации  $\delta = a_2^1 - a_2^i$  для данного расстояния предмета до линзы ( $i = 2, 3, 4, \dots$  - означает номер диафрагмы).
5. Построить график зависимости  $\delta$  от диаметров кольцевых зон,  $\delta(D)$ .

б) *Хроматическая aberrация*

1. Собрать установку, состоящую из источника света (лампочка 8В), светофильтров, круглых диафрагм, исследуемой плосковыпуклой линзы, обращенной к диафрагме плоской стороной, экрана.
2. Получить на экране резкое изображение нити лампочки при самом малом отверстии диафрагмы.
3. Отметить положение экрана  $a_2$  на оптической скамье.
4. Повторить измерения пунктов 2 и 3 для разных светофильтров на держателе б. Данные занести в таблицу 3.

Таблица 3

Светофильтр	Положение экрана, $a_2$	$\delta$
Красный Зеленый Голубой Фиолетовый		

5. Проанализировать результаты эксперимента, сделать вывод.

в) *Астигматизм.*

1. Собрать установку, состоящую из источника света (лампочка 8В), коллиматорной линзы ( $F = 12\text{ см}$ ), предмета в виде креста, исследуемой линзы и экрана.
2. Получить на экране резкое изображение креста.

3. Повернуть линзу вокруг вертикальной оси на угол  $30^{\circ}$  -  $45^{\circ}$ . Перемещая экран, добиться резкого изображения сначала горизонтальной, а затем вертикальной линии креста. Отметить оба положения экрана  $a_2$  (гор.) и  $a_2$  (верт.).

4. Найти астигматическую разность  $\delta = a_2(\text{гор.}) - a_2(\text{верт.})$ .

### г) Дисторсия.

1. На оптической скамье последовательно расположить: источник света (лампочка 8В), предмет в виде мелкой сетки, исследуемую линзу (повернуть к предмету плоской стороной) и экран.

2. Передвижением линзы и экрана получить четкое подушкообразное изображение сетки. ЗАРИСОВАТЬ.

3. Взять в качестве предмета ту же сетку.

4. Поменять местами предмет и линзу.

5. Передвижением линзы и экрана получить четкое бочкообразное изображение предмета. ЗАРИСОВАТЬ.

## Практическая работа №14.

### «Цвета спектра, смешивание цветов и красок».

Перед вами краски и кисточки.

Задание: смешайте цвета следующим образом

синий + зеленый = - красный + зеленый = - желтый + красный = -красный + синий

Какие цвета у вас получились?

Как мы видим цвета?

Мы видим цвета, так как предметы поглощают часть спектра, а часть отражают. Например, красные цветы отражают красную часть спектра, но поглощают все остальные. Зеленые листья отражают зеленую часть и поглощают другие. Так мы видим все предметы. Теперь вернемся к опыту Ньютона. Чтобы запомнить чередование цветов есть такая присказка: КАЖДЫЙ (красный) ОХОТНИК (оранжевый) ЖЕЛАЕТ (желтый) ЗНАТЬ (зеленый) ГДЕ (голубой) СИДИТ (синий) ФАЗАН (фиолетовый)

Вопросы к опыту:

- Белый свет падает под некоторым углом на грань стеклянной призмы. Укажите явление, наблюдаемое со световыми волнами на границе раздела сред.

- Укажите, волны какого цвета преломляются слабее при выходе из призмы, а какие – сильнее.

- Сравните показатели преломления фиолетового и красного цветов.

У каждого из цветов спектра свой показатель преломления в стекле. Зависимость показателя преломления от цвета Ньютон назвал дисперсией света. Но показатель преломления зависит от скорости света:  $n=c/v$ , а  $v=\lambda \cdot \nu$  – равна произведению длины волны на частоту, значит  $n=c/\lambda \cdot \nu$ . Дисперсия света - зависимость показателя преломления от длины световой волны(частоты). Спектр - набор волн различных частот.

- Чем разные цвета отличаются друг от друга? (Каждый цвет имеет свою частоту)

- Как вещество поглощает световые волны различных частот? (Вещество избирательно поглощает световые волны различных частот)

- Почему человек способен различать цвета? (Световые волны различных частот оказывают различное действие на сетчатку глаза)

В природе дисперсия света наблюдается в радуге. Капли дождя разлагают белый свет на световые пучки разного цвета, которые образуют радугу.

Как неожиданно и ярко

На влажной неба синеве

Воздушная воздвиглась арка

В своем минутном торжестве!

Один конец в леса вонзила,

Другим за облака ушла

– Она полнеба обхватила

И в высоте изнемогла.

Ф.И. Тютчев

Радуг одновременно бывает 8-мь.Если появилось одновременно две радуги, то во второй радуге будет обратный порядок цветов. Бывают радуги круглые (в небе вокруг самолета), обратные (на севере, отражение света от кристаллов льда) и белые (в море в туман).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное пособие разработано в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «физика» для студентов техникума.

Приобретенные студентами практические навыки экспериментальной работы и обработки экспериментальных данных позволяют более глубоко усвоить основные понятия и законы физики.

Кроме того, практическая деятельность делает занятия увлекательными и прививает навыки работы с оборудованием, развивает наблюдательность и умение логически мыслить.

После проведения данного практикума студенты должны:

— объяснять физические основы, 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, подтверждать эксперимент теоретическим материалом.

## Список литературы и источников

1. Мякишев Г.Я. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 2012
2. Мякишев Г.Я. Физика 11 класс. Учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Просвещение, 2012
3. Степанов С.В. Механика. Руководство по выполнению лабораторных работ. – ПФ РНПО Росучприбор, 2002
4. Поваляев О.А. Практикум «Электродинамика». Руководство по выполнению работ. – ПФ РНПО Росучприбор, 2002
5. Степанов С.В. Электричество. Руководство по выполнению лабораторных работ. – ПФ РНПО Росучприбор, 2002

### Интернет сайты:

1. <http://www.pandia.ru/text/77/203/78206.php>
2. [http://integral-geo.ru/files/sbornik\\_lab\\_rab.pdf](http://integral-geo.ru/files/sbornik_lab_rab.pdf)
3. [http://ck-30.ru/dwld/382098074\\_Pamyatka\\_pedagogicheskim\\_rabotnikam\\_po\\_strukture\\_i\\_soderjaniyu\\_metodicheskikh\\_rekomendatsiy\\_po\\_provedeniyu\\_laboratornyih\\_rabot\\_ili\\_prak.pdf](http://ck-30.ru/dwld/382098074_Pamyatka_pedagogicheskim_rabotnikam_po_strukture_i_soderjaniyu_metodicheskikh_rekomendatsiy_po_provedeniyu_laboratornyih_rabot_ili_prak.pdf)
4. [http://pnu.edu.ru/media/filer\\_public/2013/02/13/e-oe.pdf](http://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/02/13/e-oe.pdf)
5. [http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOLCHANOVA/Educational\\_job/Tab4/Tab/Tab/mulp.pdf](http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KOLCHANOVA/Educational_job/Tab4/Tab/Tab/mulp.pdf)