



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ  
*государственное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение Самарской области  
«Отраденский нефтяной техникум»*

---

**Методические указания по выполнению**

---

**лабораторно- практических занятий**

---

по учебной дисциплине

ОУД.10 Естествознание (Физика)

---

ППССЗ по специальности

21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

---

ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ОБУЧЕНИЯ

г.о. Отрадный, 2018

РАССМОТРЕНО И РЕКОМЕНДОВАНО

На заседании ЦК ЕНЦ  
Протокол № 4 от « 16 » ноября 2018г.  
Председатель ЦК \_\_\_\_\_/О.А.Бердыева

УТВЕРЖДЕНО

Методическим советом ГБПОУ «ОНТ»  
Руководитель МО \_\_\_\_\_/О.А. Бердыева  
Протокол № 1 от « 22 » ноября 2018г.

Горбунова Н.А. преподаватель физики 1 КК. Методические указания по выполнению лабораторных работ. Учебно-методическое пособие для студентов I курса, обучающихся по специальности 21.02.01 Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений ГБПОУ «ОНТ», 2018г. - 39 с.

Методическая разработка составлена в соответствии с рабочей программой дисциплины *ОУД.10 Естествознание (физика)*. Методическая разработка содержит указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине *ОУД.10 Естествознание (физика)*.  
В методическую разработку включены 17 лабораторных работ по всем разделам физики  
Для студентов 1 курса.

Внешний эксперт: ГБОУ «ОЦ»Гармония» учитель физики ВКК О.А.Трухова

(Ф.И.О., должность, название организации)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	
РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ	5
Лабораторно-практическое занятие 1 Изучение движения тела, брошенного горизонтально	7
Лабораторно-практическое занятие 2 Движение тела по окружности под действием силы тяжести и упругости	10
Лабораторно-практическое занятие 3 Проверка закона сохранения энергии при действии силы тяжести и упругости	13
Лабораторно-практическое занятие 4 Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника.	15
Лабораторно-практическое занятие 5 Измерение удельной теплоемкости веществ	16
Лабораторно-практическое занятие 6 Определение относительной влажности воздуха	18
Лабораторно-практическое занятие 7 Определение коэффициента натяжения жидкости	20
Лабораторно-практическое занятие 8 Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока	22
Лабораторно-практическое занятие 9 Изучение законов последовательного соединения проводников	23
Лабораторно-практическое занятие 10 Изучение законов параллельного соединения проводников	24
Лабораторно-практическое занятие 11 Исследование смешанного соединения проводников	26
Лабораторно-практическое занятие 12 Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на её зажимах	29
Лабораторно-практическое занятие 13 Изучение явления электромагнитной индукции	30
Лабораторно-практическое занятие 14 Изучение устройства и принцип работы трансформатора	33
Лабораторно-практическое занятие 15 Определение главного фокусного расстояния и оптической силы линзы	34
Лабораторно-практическое занятие 16 Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки	35
Лабораторно-практическое занятие 17 Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям)	37
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ	39

## ВВЕДЕНИЕ.

Физика — фундаментальная наука, изучающая строение и свойства окружающего нас материального мира.

В основе современных физических исследований лежит эксперимент; он позволяет проверить уже существующие законы и установить новые закономерности.

Умение ставить и проводить опыты, анализировать результаты измерений, устанавливать или проверять зависимости одних физических величин от других необходимо в процессе изучения физики. Развить эти умения и навыки вы сможете в процессе выполнения лабораторных работ. Вы также научитесь грамотно обращаться с приборами, понимать, для каких целей они служат, оценивать их пределы измерения.

Данная методическая разработка поможет вам еще раз вспомнить изучаемые в работе физические законы, правильно оформить результаты измерений, сделать необходимые выводы

Приступая к выполнению лабораторной работы Вы должны внимательно прочитать тему и цель работы, а так же повторить теоретическую часть изучаемого материала. Ознакомится с порядком выполнения работы и поэтапно выполнить эксперимент. Правильно оформить расчеты, произвести вывод, подтверждающий теорию.

## РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

**Измерение** — это определение значения физической величины с помощью приборов и измерительных инструментов.

1. Измерения могут быть прямыми и косвенными.

Прямым измерением непосредственно определяют искомую величину.

Например, линейкой измеряют длину, секундомером — время, амперметром — силу тока и т. д.

Косвенным называется измерение, при котором значение величины находят на основании формулы, при этом в формулу входят величины, определяемые прямым измерением.

Например, скорость равномерного движения можно найти по формуле  $v = s/t$ , а сопротивление резистора — по формуле  $R = U/I$ . При этом предварительно нужно выполнить прямые измерения, в первом случае — длины пути, который прошло тело, и времени, за которое этот путь пройден; во втором случае — напряжения и силы тока.

2. Всякое измерение неизбежно производится с погрешностью. Мы можем только приблизиться к истинному значению измеряемой величины, совершенствуя методику измерения и приборы или многократно повторяя опыты.

3. Различают абсолютную и относительную погрешности.

Обозначим измеряемую физическую величину  $A$ , измеренное значение этой величины  $\Delta A$  — абсолютная погрешность измерения. Зная абсолютную погрешность, можно определить интервал значений, в пределах которого с определенной степенью точности находится истинное значение измеряемой величины:

$$A_{\text{изм}} - \Delta A < A < A_{\text{изм}} + \Delta A.$$

Относительная погрешность равна умноженному на 100 % отношению абсолютной погрешности к измеренному значению величины:

$$\varepsilon = \frac{\Delta A}{A_{\text{изм}}} \cdot 100 \%.$$

4. Максимальная абсолютная погрешность измерения физической величины равна сумме абсолютных погрешностей средства измерения (приборная погрешность) и процесса отсчета:

$$\Delta A = \Delta A_{\text{пр}} + \Delta A_{\text{отсч}}$$

Приборная погрешность определяется конструкцией прибора. Каждый прибор имеет класс точности  $\gamma$ , зная который можно определить абсолютную приборную погрешность по формуле

$$\Delta A_{\text{пр}} = \gamma \frac{A_{\text{max}}}{100} \cdot 100\%$$

где  $A_{\text{max}}$  — максимальное значение величины, которое может быть измерено данным прибором.

Класс точности прибора указывается на шкале прибора и/или в его паспорте.

Используемые обычно приборы имеют следующие классы точности: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4.

**Пример.** Вольтметр имеет класс точности 1,5 и измеряет максимально напряжение 100 мВ. Приборная погрешность при измерении напряжения данным вольтметром составит  $\Delta A_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 100/100 = 1,5$  мВ.

5. Абсолютная погрешность отсчета  $\Delta A_{\text{отсч}}$ , как правило, определяется половиной цены деления прибора. Если положение стрелки прибора изменяется скачками (например, у секундомера), то абсолютная погрешность определяется ценой наименьшего деления прибора.

Абсолютная погрешность измерения всегда округляется до одной значащей цифры.

**Пример.** Результат расчета ускорения свободного падения при косвенном измерении  $g = 9,7643$  м/с<sup>2</sup>, абсолютная погрешность  $\Delta g = 0,26$  м/с<sup>2</sup>. В этом случае принимают  $\Delta g = 0,3$  м/с<sup>2</sup>, тогда  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

6. Погрешности делятся на систематические и случайные.

К систематическим относятся приборная погрешность, а также погрешность, связанная с избранным методом измерения, в котором заложена неточность.

К случайным относятся непредсказуемые погрешности, связанные, например, с неисправностью прибора, с изменением внешних условий, с неточностью отсчета.

Систематические погрешности при выполнении конкретного эксперимента уменьшить нельзя, однако случайные погрешности можно уменьшить, проводя большое число опытов или используя разные приборы и методы измерений.

Если, например, провести опытов, то результат измерения считается равным среднему арифметическому результатов отдельных измерений:

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_N}{N},$$

где  $A_1, A_2, \dots$  — значения величины, полученные в результате первого, второго опытов и т. д.

Абсолютная погрешность в этом случае пропорциональна средней квадратичной погрешности

$$\Delta A_{\text{ср}} \sim \sqrt{\frac{(A_1 - A_{\text{ср}})^2 + (A_2 - A_{\text{ср}})^2 + \dots + (A_N - A_{\text{ср}})^2}{N(N - 1)}}.$$

Из этой формулы очевидно, что чем больше число измерений, тем меньше погрешность среднего арифметического.

В школьных лабораторных работах обычно абсолютная погрешность считается равной приборной погрешности  $\Delta A$ .

Формулы для вычисления относительной погрешности косвенных измерений величины  $A$  ( $B$ ,  $C$  и  $D$  — величины, входящие в формулу)

Формула для определения физической величины $A$	Формула для определения относительной погрешности, $\epsilon$
$A = B \pm C$	$\epsilon = \frac{\Delta B + \Delta C}{B \pm C}$
$A = \frac{B}{CD},$ A = BCP	$\epsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{C} + \frac{\Delta D}{D}$ (двасдг)
$A = B \sqrt{\frac{C}{D}}$	$\epsilon = \frac{\Delta B}{B} + \frac{\Delta C}{2C} + \frac{\Delta D}{2D}$ (дв 1 дс) 1 до
	$\epsilon = n \frac{\Delta B}{B}$

Абсолютная погрешность косвенных измерений определяется по формуле

$$\Delta A = \epsilon A.$$

### 7. Сравнение результатов измерений

Если одна и та же величина измерена несколькими способами, то для сравнения результатов мы чертим

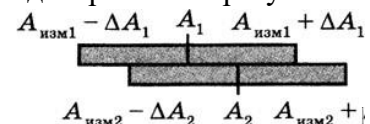


Рис. 1

интервалы возможных значений измеряемой величины (рис. 1). С наибольшей вероятностью значение искомой величины находится в области, где интервалы перекрываются.

### 8. Окончательная запись результатов измерений

$$A_{\text{изм}} - \Delta A < A < A_{\text{изм}} + \Delta A, \quad \epsilon = \dots \%$$

## Лабораторно-практическое занятие 1

### Тема: Изучение движения тела, брошенного горизонтально.

**Цель:** измерить начальную скорость тела, брошенного горизонтально в поле тяжести Земли.

**Оборудование, средства измерения:** 1) стальной шарик, 2) лоток дугообразный, 3) фанерная доска с пеналом для приема шарика, 4) штатив лабораторный, 5) полоска белой бумаги размером 300\*40 мм, 6) полоска копировальной бумаги размером 300\*40 мм, 7) лист бумаги размером 200\*300мм, 8) линейка измерительная.

#### Теоретическое обоснование

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1

Шарик 1, начинающий движение в верхней части дугообразного лотка 2, вылетает горизонтально в точке  $O$  с начальной скоростью  $V_0$ , пролетая вдоль вертикальной фанерной доски 3. Желоб закреплен в штативе 4 так, что точка  $O$  находится на высоте  $h$  над горизонтальной фанерной доской 5, на которую падает шарик.

Для фиксации точки падения шарика на доску помещают полоску белой бумаги 6, а сверху прикрепляют полоску копировальной бумаги 7. Падение шарика на доску оставляет метку на белой бумаге. После удара о доску шарик падает на пенал 8.

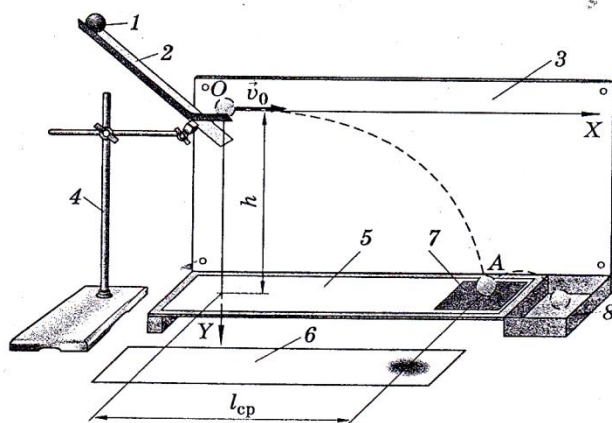


Рис. 1

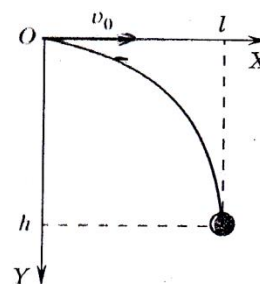


Рис. 2

Движение шарика, брошенного горизонтально с высоты  $h$ , происходит в вертикальной плоскости  $XU$  ( $X$  – горизонтальная ось, направленная вправо,  $U$  вертикальная ось, направленная вниз). За начало отсчета выбрана точка вылета шарика (рис.2).

По измеренным высоте и дальности полета можно найти время полета  $t_{\text{п}}$ , начальную скорость шарика и записать уравнение траектории движения  $u(x)$ .

Для нахождения этих величин запишем закон движения шарика в координатной форме. Ускорение свободного падения направлено вертикально вниз. По оси  $X$  движение будет равномерным, а по оси  $U$  – равноускоренным.

Следовательно, координаты  $(x,u)$  шарика в произвольный момент времени определяются уравнениями

$$x = v_0 t, \quad (1)$$

$$u = \frac{gt^2}{2}, \quad (2)$$

В точку падения шарика  $u = h$ , поэтому из уравнения (2) можно найти время его полета:

$$t_{\text{п}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (3)$$

Координата  $x$  шарика в точке падения равна дальности полета шарика  $l$ , которая измеряется в работе линейкой. Из уравнения (1) легко найти начальную скорость шарика с учетом выражения

$$(3). \quad v_0 = \frac{l}{t_{\text{п}}} = l \sqrt{\frac{g}{2h}}. \quad (4)$$

### Порядок выполнения работы

1. Соберите экспериментальную установку (см. рис.1), устанавливая высоту вылета шарика  $h = 196$  мм (для упрощения расчетов). При измерении  $h$  линейкой с миллиметровыми делениями можно принять, что максимальная абсолютная погрешность  $\Delta h = 1$  мм, т.е.  $h = (196 \pm 1)$  мм.
2. Вычислите время полета шарика по формуле (3). При этом  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>.  $t_{\text{п}} =$
3. Для измерения дальности полета проведите пять пусков шарика из одной и той же точки дугообразного лотка. Результаты измерений занесите в таблицу 1.

**Таблица 1**

Номер опыта, $k$	1	2	3	4	5
$l_k$ , м					

4. Вычислите среднюю дальность полета  $l_{\text{ср}} = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5}{5} =$
5. Найдите модуль отклонения каждого измерения от среднего арифметического значения  $|l_k - l_{\text{ср}}|$ .

**Таблица 2**

Номер опыта, $k$	1	2	3	4	5
$ l_k - l_{\text{ср}} $ , м					

6. Вставьте случайную погрешность  $\Delta l_{\text{сл}}$ , измерения дальности полета, используя таб. 2

$$\Delta l_{\text{сл}} = \frac{|l_1 - l_{\text{ср}}| + |l_2 - l_{\text{ср}}| + |l_3 - l_{\text{ср}}| + |l_4 - l_{\text{ср}}| + |l_5 - l_{\text{ср}}|}{5} =$$

7. Вычислите максимальную абсолютную погрешность измерения дальности полета.

$$\Delta l = \Delta l_{\text{сл}} + \Delta l_{\text{пр}} =$$

где  $\Delta l_{\text{пр}} = 1$  мм - максимальная абсолютная приборная погрешность при измерении линейкой с миллиметровыми делениями.

8. Запишите результат измерения дальности полета:  $l = l_{\text{ср}} \pm \Delta l =$

9. Вычислите начальную скорость  $v_0$  шарика по формуле (4)  $v_0 = l_{\text{ср}} \sqrt{\frac{g}{2h}} =$

10. Рассчитайте относительную погрешность косвенного измерения начальной скорости по

$$\text{формуле: } \mathcal{E} = \frac{\Delta v_0}{v_0 \text{ ср}} = \frac{\Delta l}{l_{\text{ср}}} + \frac{\Delta h}{2h} =$$

11. Найдите абсолютную погрешность косвенного измерения начальной скорости:

$$\Delta v_0 = v_0 \text{ ср} * \mathcal{E} =$$

12. Запишите окончательный результат измерения начальной скорости шарика.

$$v_0 = v_0 \text{ ср} \pm \Delta v_0 =$$

### Дополнительное задание.

Сравните реальную траекторию шарика с расчетной.

- 1) Для получения расчетной траектории движения  $y(x)$  шарика, брошенного горизонтально, выразите время из уравнения (1):  $t = \frac{x}{v_0 \text{ ср}}$ .

Подставляя его в уравнение (2), получите уравнение параболы:  $y = \frac{g}{2v_0^2 \text{ ср}} * x^2$ .



2) Используя уравнения (1), (2) и зная  $v_0$  ср, найдите координаты  $x$  и  $y$  шарика через каждые 0,05 с. Постройте расчетную траекторию движения на листе бумаги. Для удобства используйте таблицу 3, в которой координата  $y$  уже подсчитана.

**Таблица 3**

t, с	0	0,05	0,1	0,15	0,2
y, м	0	0,012	0,049	0,11	0,196
x, м					

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 2

**Тема: Движение тела по окружности под действием силы тяжести и упругости**

**Цель работы:** проверить справедливость второго закона Ньютона для движения тела по окружности под действием нескольких сил.

**Оборудование, средства измерения:** 1) груз, 2) нить, 3) штатив с муфтой и кольцом, 4) лист бумаги, 5) измерительная лента, 6) часы с секундной стрелкой.

### Теоретическое обоснование

Экспериментальная установка состоит из груза, привязанного на нити к кольцу штатива (рис. 1). На столе под маятником располагают лист бумаги, на котором нарисована окружность радиусом 10 см. Центр  $O$  окружности находится на вертикали под точкой подвеса  $K$  маятника. При движении груза по окружности, изображенной на листе, нить описывает коническую поверхность. Поэтому такой маятник называют коническим.

1. Центробежное ускорение  $a_n$  маятника, направленное к точке  $O$ , создается одновременным действием на него силы тяжести  $mg$  и силы тяжести нити  $F_n$ . Второй закон Ньютона для движения груза массой  $m$  в векторной форме имеет вид

$$m\vec{a}_n = m\vec{g} + \vec{F}_n \quad (1)$$

Спроецируем уравнение (1) на координатные оси  $X$  и  $Y$ .

$$(X) ma_n = F_n * \sin \alpha, \quad (2)$$

$$(Y) 0 = mg - F_n * \cos \alpha, \quad (3)$$

где  $\alpha$  – угол, образуемый нитью с вертикалью.

Выразим  $F_n$  из последнего уравнения.  $F_n = \frac{mg}{\cos \alpha}$

И подставим в уравнение (2). Тогда  $a_n = g * \operatorname{tg} \alpha$ . (4)

Если период обращения  $T$  маятника по окружности радиусом  $R$  известен из опытных данных, то

$$a_n = \frac{4\pi^2}{T^2} * R. \quad (5)$$

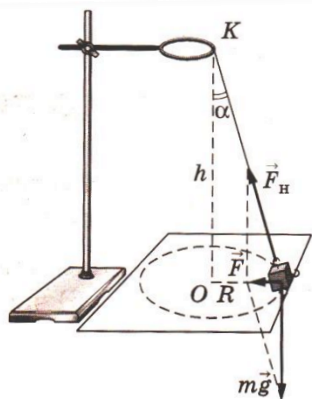


Рис. 1

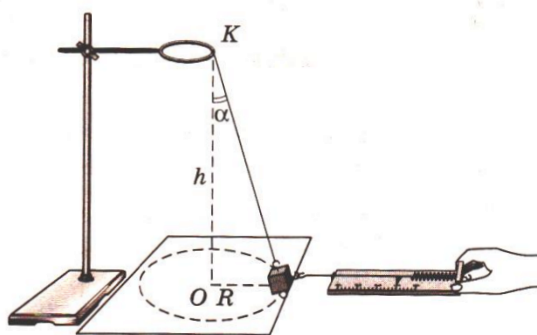


Рис. 2

Период обращения можно определить, измерив время  $t$ , за которое маятник совершает  $N$  оборотов:

$$T = \frac{t}{N}. \quad (6)$$

Как видно из рисунка 1,  $\operatorname{tg} \alpha = \frac{R}{h}$ , (7)

где  $h = OK$  – расстояние от точки подвеса  $K$  до центра окружности  $O$ .

С учетом формул (5) – (7) равенство (4) можно представить в виде  $\frac{4\pi^2 N^2}{t^2} R = g \frac{R}{h}$  (8)

Формула (8) – прямое следствие второго закона Ньютона. Таким образом, первый способ проверки справедливости второго закона Ньютона сводится к экспериментальной проверки тождественности левой и правой частей равенства (8).

2. Второй способ основан на непосредственном измерении равнодействующей  $F$  силы тяжести  $mg$  и силы тяжести нити  $F_n$ :  $\vec{F} = m\vec{g} + \vec{F}_n$

Сила  $\vec{F}$  сообщает маятнику центростремительное ускорение  $a_n = \frac{F}{m}$ .

С учетом формул (5) и (6) второй закон Ньютона имеет вид  $\frac{4\pi^2 N^2}{t^2} R = \frac{F}{m}$  (9)

Сила  $F$  измеряется с помощью динамометра. Маятник оттягивают от положения равновесия на расстояние, равное радиусу окружности  $R$ , и снимают показания динамометра (рис. 2). Масса груза  $m$  предполагается известной.

Следовательно, еще один способ проверки справедливости второго закона Ньютона сводится к экспериментальной проверки тождественности левой и правой частей равенства (9).

### Порядок выполнения работы

1. Соберите экспериментальную установку (см. рис. 1), выбирая длину маятника около 50см.
2. На листе бумаги начертите окружность радиусом  $R = 10$ см. (Погрешность измерения  $\Delta R = 0,2$  см.)
3. Лист бумаги расположите так, чтобы центр окружности находился под точкой подвеса маятника по вертикали.
4. Измерьте расстояние  $h$  между точкой подвеса  $K$  и центром окружности  $O$  сантиметровой лентой.

$$h =$$

при этом погрешность измерения  $\Delta h = 1$  см.

5. Приведите в движение конический маятник вдоль начерченной окружности с постоянной скоростью. Измерьте время  $t$ , в течение которого маятник совершает  $N=10$  оборотов.

$t =$

Погрешность измерения времени можно принять равной  $\Delta t = 1$  с.

6. Вычислите центростремительное ускорение груза – левую часть равенства (8).  $L_8 = a_n = \frac{4\pi^2 N^2}{t^2} R =$

7. Рассчитайте абсолютную погрешность левой части равенства (8) по формуле

$$\Delta L_8 = \Delta a_n = a_n \left( \frac{\Delta a_n}{a_n} \right) = a_n \left( \frac{2\Delta t}{t} + \frac{\Delta R}{R} \right) =$$

8. Вычислите правую часть равенства (8).  $\Pi_8 = g \frac{R}{h} =$

9. Вычислите абсолютную погрешность  $\Delta \Pi_8$ .  $\Delta \Pi_8 = \Pi_8 \left( \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta R}{R} \right) =$

10. Найдите модуль разности левой и правой частей равенства (8).  $|L_8 - \Pi_8| =$

Вычислите сумму погрешностей.  $\Delta L_8 + \Delta \Pi_8 =$

Сравните  $|L_8 - \Pi_8|$  и  $\Delta L_8 + \Delta \Pi_8$

Выполнение неравенства  $|L_8 - \Pi_8| < \Delta L_8 + \Delta \Pi_8$  доказывает справедливость второго закона Ньютона.

11. Оттяните маятник от положения равновесия на расстояние, равное радиусу окружности  $R$ , и определите показания динамометра.  $F =$

При этом погрешность измерения силы принимается равной цене деления динамометра.  $\Delta F =$

12. Вычислите правую часть формулы (9). При этом масса груза равна:

$$m \pm \Delta m = (100 \pm 0,5)г. \quad m = 100г.; \quad \Delta m = 0,5 г. \quad \Pi_9 = \frac{F}{m} =$$

13. Рассчитайте абсолютную погрешность.  $\Delta \Pi_9 = \Pi_9 \left( \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta m}{m} \right) =$

14. Учитывая, что левые части равенств (8) и (9) равны друг другу ( $L_8 = L_9$ ), найдите модуль разности.

$$|L_9 - P_9| =$$

Вычислите сумму погрешностей.

$$\Delta L_9 + \Delta P_9 =$$

15. Выполнение неравенства  $|L_9 - P_9| < \Delta L_9 + \Delta P_9$  доказать справедливость второго закона Ньютона.

Вывод:

### Лабораторно-практическое занятие 3

**Тема: Проверка закона сохранения энергии при действии сил тяжести и упругости.**

**Цель работы:** измерить максимальную скорость тела, колеблющегося на пружине, с использованием закона сохранения энергии.

**Оборудование, средства измерения:** 1) динамометр, 2) штатив лабораторный, 3) груз массой 100 г – 2шт., 4) измерительная линейка, 5) кусочек мягкой ткани или войлока.

#### Теоретическое обоснование

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 1.

Динамометр укреплен вертикально в лапке штатива. На штатив помещают кусочек мягкой ткани или войлока. При подвешивании к динамометру грузов растяжение пружины динамометра определяется положением указателя. При этом максимальное удлинение (или статистическое смещение) пружины  $x_0$  возникает тогда, когда сила упругости пружины с жесткостью  $k$  навешивает силу тяжести груза массой

$$kx_0 = mg.$$

где  $9,81 \frac{M}{c^2}$  - ускорение свободного падения.

Следовательно,

$$x_0 = \frac{mg}{k}.$$

Статическое смещение характеризует новое положение равновесия  $O'$  нижнего конца пружины (рис. 2).



Рис. 1

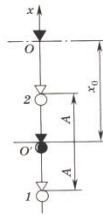


Рис. 2

Если груз оттянуть вниз на расстояние  $A$  от точки  $O'$  и отпустить в точке 1, то возникают периодические колебания груза. В точках 1 и 2, называемых точками поворота, груз останавливается, изменяя направление движения на противоположное. Поэтому в этих точках скорость груза  $v=0$ .

Максимальной скоростью  $v_{max}$  груз будет обладать в средней точке  $O'$ . На колеблющийся груз действуют две силы: постоянная сила тяжести  $mg$  и переменная сила упругости  $kx$ . Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести в произвольной точке с координатой  $x$  равна  $mgx$ .

Потенциальная энергия деформированного тела соответственно равна  $\frac{mx^2}{2}$ .

При этом за нуль отсчета потенциальной энергии для обеих сил принята точка  $x=0$ , соответствующая положению указателя для нерастянутой пружины.

Полная механическая энергия груза в произвольной точке складывается из его потенциальной и кинетической энергии. Пренебрегая силами трения, воспользуемся законом сохранения полной механической энергии.

Приравняем полную механическую энергию груза в точке 2 (с координатой  $-(x_0 - A)$ ) и  $O'$  (с координатой  $-x_0$ ):

$$mg[-(x_0 - A)] + \frac{k[-(x_0 - A)]^2}{2} + \frac{m \cdot 0^2}{2} = mg(-x_0) + \frac{k(-x_0)^2}{2} + \frac{mv_{max}^2}{2}. \quad (3)$$

Раскрывая скобки и проводя несложные преобразования, приведем формулу (3) к виду

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{mv_{max}^2}{2}.$$

Тогда модуль максимальной скорости грузов  $v_{max} = A \sqrt{\frac{k}{m}}$ .

Жесткость пружины можно найти, измерив, статическое смещение  $x_0$ . Как следует из формулы (1),

$$k = \frac{mg}{x_0}.$$

Соответственно

$$v_{max} = A \sqrt{\frac{g}{x_0}}.$$

### Порядок выполнения работы

1. Соберите экспериментальную установку (см. рис.1)
2. Измерьте линейкой с миллиметровыми делениями статическое смещение пружины ( новое положение равновесия нижнего конца пружины динамометра ) при подвешивании груза.  
 $x_0 =$
3. Абсолютная погрешность измерения статического смещения груза принимают равной цене деления шкалы линейки ( в см )  
 $\Delta x_0 =$
4. Оттяните груз вниз на расстояние  $A$  (5-7 см) от нового положения равновесия и отпустите его. Измерьте амплитуду колебаний.  
 $A =$
5. Абсолютную погрешность измерения амплитуды колебаний.  $A$  груза принимают равной цене деления шкалы линейки ( в см )  
 $\Delta A =$
6. Рассчитайте модуль максимальной скорости колеблющегося груза по формуле

$v_{max} = A \sqrt{\frac{g}{x_0}}$  числите относительную погрешность измерения максимальной скорости груза

$$\varepsilon = \frac{\Delta v_{max}}{v_{max}} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta x_0}{2x_0}$$

8. Рассчитайте абсолютную погрешность измерения максимальной скорости груза.

$$\Delta v_{max} = v_{max} \varepsilon =$$

9. Запишите окончательный результат измерения максимальной скорости груза в виде

$$v_{max} \pm \Delta v_{max} =$$

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие

**Тема: Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника**

**Цель:** определить ускорение свободного падения с помощью математического маятника.

**Оборудование:** Штатив с держателем, шарик с нитью, пробка с прорезью в боковой поверхности, секундомер.

### Порядок выполнения работы:

1. Поместить штатив с держателем на край стола.
2. Укрепить свободный конец шарика в прорези пробки и зажать в держателе.
3. Измерить диаметр шарика штангенциркулем, длину нити линейкой.
4. Отклонить шарик на небольшой угол и отпустить. По секундомеру определить время  $t$ , за которое маятник совершит  $n$  полных колебаний, например 50.
5. Вычислить период полного колебания маятника:  $T = \frac{t}{n}$ .
6. Используя формулу периода колебаний математического маятника  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  вычислить ускорение свободного падения:  $g = \frac{4\pi^2 l}{T^2}$ .
7. Опыт повторить 2 раза, меняя длину маятника /притягивая нить через пробку / и число полных колебаний его.
8. Определить среднее значение:  $g_{cp} = \frac{g_1 + g_2}{2}$ .
9. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.
10. Сравнить результаты опыта с табличным значением ускорения свободного падения для данной географической широты  $g_T = 9.816 \frac{м}{с^2}$ .
11. Найти относительную погрешность  $\delta = \frac{|g_{cp} - g_T|}{g_T} * 100\%$

№	Длина нити	Диаметр шарика	Длина маятника	Число полных колебаний	Время полных колебаний	Период полного колебания	Ускорение свободного падения	Среднее значение ускорения свободного падения	Относительная погрешность
	$l_n$	$d$	$l$	$n$	$t$	$T$	$g$	$g_{cp}$	$\delta$
	м	м	м		с	с	м/с <sup>2</sup>	м/с <sup>2</sup>	%
1.									
2.									

Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 5

### Тема: Измерение удельной теплоемкости вещества

**Цель работы:** определить удельную теплоемкость металла.

**Оборудование, средства измерения:** 1)калориметр с водой, 2)чайник (один на класс), 3)цилиндр металлический, 4)проволочный крючок для удаления цилиндра из чайника, 5)бумага фильтровальная б)весы с гирями, 7)термометр.

#### Теоретическое обоснование

Необходимое оборудование представлено на рисунке 1.

В калориметр массой  $m_1$  налита вода массой  $m_2$  при температуре  $t_1$ . Из чайника с кипящей водой достают металлический цилиндр массой  $m$ , имеющий температуру  $t_2$ , и погружают его в калориметр. Когда температура воды в калориметре перестанет повышаться, измеряют термометром её значение  $\theta$ .

Количество теплоты  $Q_{\text{отд}}$ , отданное металлическим цилиндром при остывании до температуры  $\theta$ , равно:

$$Q_{\text{отд}} = cm(t_2 - \theta),$$

Где  $c$  – удельная теплоемкость вещества цилиндра.

Количество теплоты  $Q_{\text{пол}}$ , полученное калориметром и водой при нагревании до температуры  $\theta$ , равно:

$$Q_{\text{пол}} = c_1 m_1 (\theta - t_1) + c_2 m_2 (\theta - t_1),$$

Где  $c_1$  - удельная теплоемкость металла, из которого сделан калориметр,  $c_2$  - удельная теплоемкость воды.

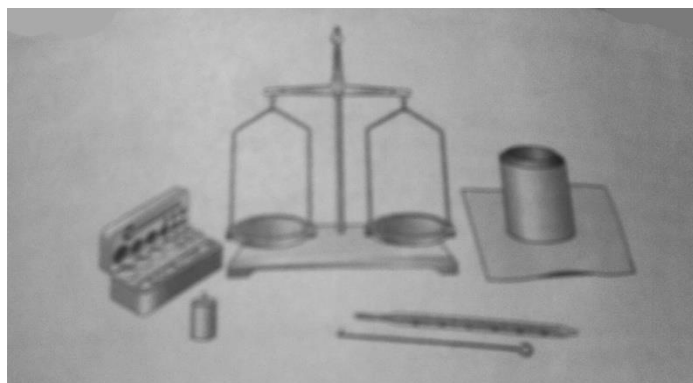


Рис. 1

При теплообмене количество теплоты, отданное нагретым телом (металлическим цилиндром), равно количеству теплоты, полученному холодными телами (калориметром и водой):

$$Q_{\text{отд}} = Q_{\text{пол}},$$

Или

$$cm(t_2 - \theta) = (c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1).$$

Из уравнения теплового баланса можно найти неизвестную удельную теплоемкость металла, из которого изготовлен цилиндр:

$$c = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1)}{m(t_2 - \theta)}.$$

#### Порядок выполнения работы

1. В чайник с водой поместите цилиндр, изготовленный из металла с неизвестной удельной теплоёмкостью. Воду в чайнике нагрейте до кипения.
2. Определите на весах массу внутреннего сосуда калориметра.

$$m_1 =$$

3. Налейте в калориметр воду (менее половины объема) и определите массу



калориметра с водой.

$$m_1 + m_2 =$$

4. Определите массу воды в калориметре.

$$m_2 =$$

5. Собрав калориметр, измерьте начальную температуру воды термометром.

$$t_1 =$$

6. Из чайника с кипящей водой достаньте проволочным крючком металлический цилиндр при температуре, близкой  $t_2 = 100^\circ$ , и быстро перенесите его в калориметр.

7. Измерьте температуру воды  $\theta$  при установлении теплового баланса, т.е. когда температура воды перестанет повышаться.

$$\theta =$$

8. Выньте металлический цилиндр из воды и, осушив фильтровальной бумагой, определите его массу.

$$m =$$

9. Вычислите удельную теплоемкость металла, из которого изготовлен цилиндр, по формуле

$$c = \frac{(c_1 m_1 + c_2 m_2)(\theta - t_1)}{m(t_2 - \theta)}$$

(где  $c_1 = 920 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ;  $c_2 = 4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ )

10. Абсолютные погрешности измерения масс  $\Delta m_1, \Delta m_2, \Delta m$  определяются массой минимальной разновески при взвешивании. Из-за выполнения неравенств  $\Delta m_1 \ll m_1$ ;  $\Delta m_2 \ll m_2$ ;  $\Delta m \ll m$  погрешностями при измерении масс можно пренебречь. Поэтому относительную погрешность при косвенном измерении удельной теплоемкости можно представить выражением

$$\frac{\Delta c}{c} = \frac{\Delta(\theta - t_1)}{\theta - t_1} + \frac{\Delta(t_2 - \theta)}{t_2 - \theta}.$$

При измерении жидкостным термометром можно считать, что

$$\Delta(\theta - t_1) = \Delta(t_2 - \theta) = 1^\circ\text{C}.$$

Тогда относительная погрешность измерения удельной теплоемкости:

$$\varepsilon = \frac{\Delta c}{c} = \frac{1}{\theta - t_1} + \frac{1}{t_2 - \theta} =$$

11. Рассчитайте абсолютную погрешность измерения удельной теплоемкости.

$$\Delta c = c\varepsilon =$$

12. Окончательный результат измерения удельной теплоемкости представьте в виде

$$c \pm \Delta c =$$

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 6

### Тема: Определение относительной влажности воздуха

**Цель:** Определить относительную влажность воздуха при помощи психрометра.

**Оборудование:** психрометр, психрометрическая таблица.

#### Теоретическое обоснование.

В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью.

**Абсолютной влажностью воздуха**  $\rho_a$  - называется плотность водяных паров, находящихся в воздухе при данной температуре.

$$\rho_a = \frac{m_{\text{водяного пара}}}{V_{\text{воздуха}}} [\rho_a] = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

**Относительная влажность воздуха**  $\phi$  показывает сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщенного водяного пара при данной температуре:

$$B = \frac{\rho_a}{\rho_n} * 100\%$$

где  $\rho_n$ -плотность насыщенного водяного пара при данной температуре и определяется по таблице «Давление насыщенного водяного пара и его плотность при различных значениях температуры» Таким образом, относительная влажность характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

Для жилых помещений нормальной влажностью считается относительная влажность, равная 40 - 60 %. О влажности воздуха можно судить только по относительной влажности, так как при одной

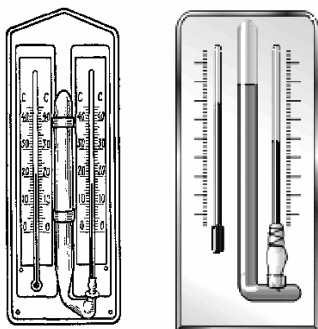


Рисунок «Психрометр»

и той же абсолютной влажности в зависимости от температуры воздух может казаться или сухим или влажным.

Относительную влажность воздуха можно определить с помощью психрометра.

**Психрометр** или психрометр Августа (см.рисунок)состоит из двух термометров: сухого и увлажненного. На шарике увлажненного термометра закреплен фитиль, конец которого опущен в чашечку с водой. Вода, испаряясь с фитиля забирает от термометра тепло, поэтому показания увлажненного термометра ниже, чем у сухого. По показанию сухого и разности показаний

сухого и увлажненного термометров с помощью психрометрической таблицы находится относительная влажность воздуха.

Температура, при которой охлажденный воздух становится насыщенным водяными парами, называется точкой росы  $t_p$

При точке росы абсолютная влажность воздуха равна плотности насыщенного пара  $\rho_0 = \rho_a$

Запотевание холодного предмета, внесенного в теплую комнату, объясняется тем, что воздух вокруг предмета охлаждается ниже точки росы и часть имеющихся в нем водяных паров конденсируется.

Порядок проведения работы:

1. Расположить психрометр вертикально.
2. Измерить температуру по сухому термометру  $t_1^0$ .
3. Измерить температуру по влажному термометру  $t_2^0$ .
4. Найти разность температур между показателями сухого и влажного термометров :  $\Delta t^0 = t_1^0 - t_2^0$ .
5. С помощью психрометрической таблицы по найденной разности температур, определить относительную влажность воздуха В.
6. Определить абсолютную влажность воздуха  $\rho_a$  из формулы :  

$$B = \frac{\rho_a}{\rho_n} * 100\%$$
 , где  $\rho_n$  - плотность насыщенного пара при температуре /данные таблицы/.
7. Определить точку росы  $t_p$  по значению абсолютной влажности  $\rho_a$  с помощью таблицы.
8. Полученные данные занести в таблицу.

Показания сухого термометра	Показания влажного термометра	Разность термометров	Относительная влажность	Абсолютная влажность	Точка росы
$t_1^0$	$t_2^0$	$\Delta t^0$	В, %	$\rho_{a, \frac{кг}{м^3}}$	$t_p^0$

Расчеты:  
 Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 7

### Тема: Определение коэффициента натяжения жидкости.

**Цель:** определить коэффициент поверхностного натяжения.

**Оборудование:** пипетка, бюксас крышкой, весы с разновесом, штангенциркуль, стакан с испытуемой жидкостью.

### Теоретическое обоснование

Определим коэффициент поверхностного натяжения жидкости методом отрыва каплей.

Рассмотрим, как растет капля жидкости при выходе из узкой трубки. Размер капли постепенно нарастает, но отрывается она только тогда, когда достигает определенного размера (см. рис. 1 *a*).

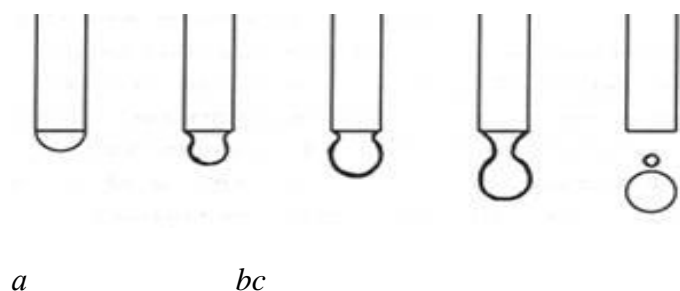


Рис. 1.

Пока капля недостаточно велика, силы поверхностного натяжения достаточны, чтобы противостоять силе тяжести и предотвратить отрыв. Перед отрывом образуется сужение – шейка капли (рис. 1 *b*). Пока капля удерживается на конце капиллярной трубки, на нее будут действовать силы:

сила тяжести  $m\vec{g}$ , направленная вертикально вниз и стремящаяся оторвать каплю (рис. 2);

силы поверхностного натяжения  $\vec{f}$ , направленные по касательной к поверхности жидкости и перпендикулярно контуру  $l$  шейки капли.

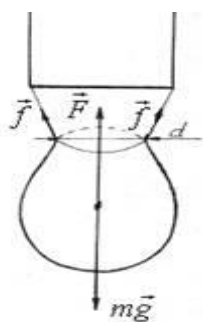


Рис. 2.

Эти силы стремятся удержать каплю. Результирующая сила поверхностного натяжения  $\vec{F}$  направлена вверх и равна

$$F = \sigma l, \quad (2)$$

где  $l$  – длина контура шейки капли.

Когда сила тяжести станет равна силе поверхностного натяжения произойдет отрыв капли:

$$m\vec{g} = -\vec{F}$$

Для модулей сил с учетом (2) запишем :

$$mg = \sigma l. \quad (3)$$

Так как длина контура шейки капли

$$l = \pi d,$$

где  $d$  – диаметр шейки капли, следовательно

$$mg = \sigma \pi d,$$

Откуда 
$$\sigma = \frac{mg}{\pi d}. \quad (4)$$

### Порядок проведения работы

1. Взвесить бюксу с крышкой / $m_1$ /.
2. Измерить внутренний диаметр стеклянной трубки / $d_{тр}$ / . При измерении применить следующий прием: *вставить в канал трубки стержень обработанный «на конус», измерить её диаметр в отмеченном месте.*
3. Вычислить диаметр шейки капли по формуле:  $d_{ш.к.}=0,9 \cdot d_{тр}$
4. Накапать из пипетки в бюксу /150-100/ капель испытуемой жидкости.
5. Взвесить бюксу с каплями воды / $m_2$ /.
6. Определить массу капель и / $m_2-m_1$ / и массу одной капли  $\frac{m_2-m_1}{n}$ .
7. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу.
8. Вычислить коэффициент поверхностного натяжения:  $\sigma = \frac{m_2-m_1}{\pi \cdot d_{ш.к.} \cdot n} g$
9. Определить относительную погрешность  $\delta = \frac{|\sigma - \sigma_T|}{\sigma_T} \cdot 100\%$ .

$$\sigma_T = 0,072 \frac{H}{M} g = 9,816 \frac{M}{c^2}$$

Масса			Число капель	Масса одной капели	Внутренний диаметр трубки	Диаметр шейки капели	Коэффициент поверхностного натяжения	Погрешность
Пустой бюксы	Бюксы с жидкостью	Всех капель						
$m_1$	$m_2$	$m_2-m_1$	$n$	$\frac{m_2 - m_1}{n}$	$d_{тр}$	$d_{ш.к}$	$\sigma$	$\delta$
кг	кг	кг		кг	м	м	Н/м	%

Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 8

**Тема:** Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.

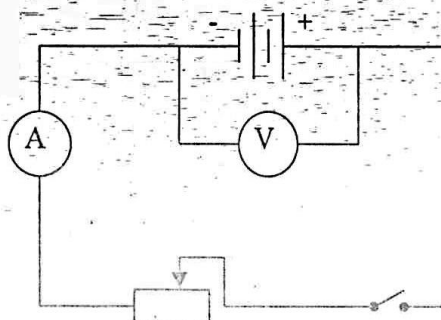
**Цель:** Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока

**Оборудование:** Источник тока, амперметр, вольтметр, ключ, набор проводников, реостат.

Расчеты:

Порядок проведения работы.

1. Собрать цепь по схеме:



2. Меняя сопротивление ползунком реостата от наименьшего до наибольшего значения тока, измеряем силу тока и напряжение.

3. Из закона Ома для полной цепи следует:  $\varepsilon = U + r$

4. Решая систему уравнений 
$$\begin{cases} \varepsilon = U_1 + I_1 r_1 \\ \varepsilon = U_2 + I_2 r_2 \end{cases}$$

находим 
$$r_1 = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2}$$

5. Подставив в уравнение  $\varepsilon = U_1 + I_1 r_1$  значения  $U_1; I_1; r_1$  найдем  $\varepsilon$

6. Из уравнения  $\varepsilon = U_3 + I_3 r_2$  найдем  $r_2 = \frac{\varepsilon - U_3}{I_3}$  и вычислим.

7. Найдем среднее значение 
$$r_{cp} = \frac{r_1 + r_2}{2}$$

8. Найдем относительную погрешность 
$$\Delta r = \frac{|r_{cp} - r_1| + |r_{cp} - r_2|}{2}; \quad \delta = \frac{\Delta r}{r_{cp}} \cdot 100\%$$

9. Результаты всех измерений и вычислений занесем в таблицу.

№	Напряжение	Сила тока	ЭДС	Внутреннее сопротивление	Относительная погрешность
	U(В)	I(A)	$\varepsilon$ (В)	$r_{cp}$ (Ом)	$\delta$ (%)
1					
2					
3					

Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 9

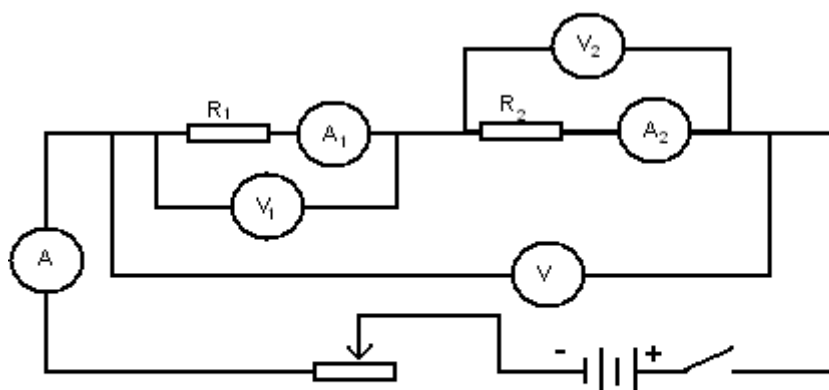
**Тема:** Изучение законов последовательного соединения проводников.

**Цель:** экспериментально изучить законы последовательного соединения проводников.

**Оборудование:** Источник тока, амперметр, вольтметр, ключ, набор проводников, реостат, сопротивления.

### Порядок проведения работы.

1.Собрать цепь по схеме:



2.Измерить силу тока в различных участках цепи амперметрами.

3.Измерить напряжение на всем участке цепи и на отдельных участках.

4.Вычислить по результатам измерений сопротивление всего участка и отдельных участков:

$$R = \frac{U}{I}; \quad R_1 = \frac{U_1}{I_1}; \quad R_2 = \frac{U_2}{I_2}.$$

5.Сравнить сопротивления всего участка цепи с суммой сопротивления проводников:  $R_1 + R_2$

6.Сравнить напряжение на участке двух проводников  $U$  с суммой напряжения:  $U_1 + U_2$

7.Повторить опыт, изменив реостатом силу тока в цепи.

8.Произвести расчеты, сделать выводы и результаты внести в таблицу.

№	U	I	$U_1$	$U_2$	$R_1$	$R_2$	R
	В	А	В	В	Ом	Ом	Ом
1							
2							

Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 10

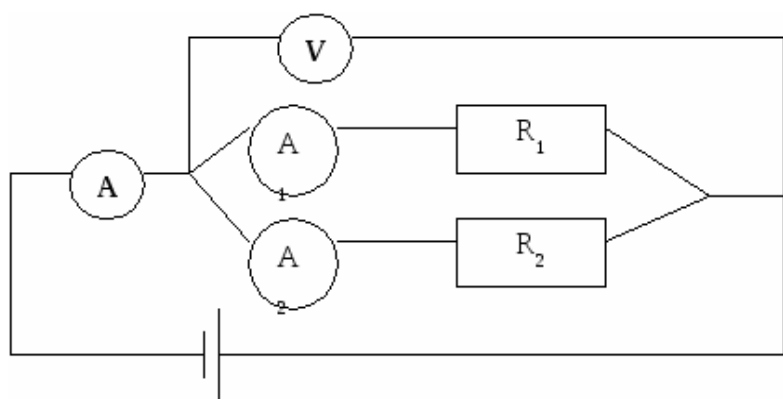
**Тема: Изучение законов параллельного соединения проводников.**

**Цель:** определить общее сопротивление двух параллельно соединенных проволочных резисторов.

**Оборудование:** источник тока, вольтметр, 3 амперметра, 2 реостата, соединительные провода.

### Порядок выполнения работы

1. Расположите на столе приборы в соответствии со схемой.
2. Соберите цепь по схеме, соблюдая полярность подключаемых приборов.



3. Запишите показания трех амперметров и вольтметра.
4. Используя закон Ома для участка цепи

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

рассчитайте сопротивление:

1 участка  $R_1 = \frac{U}{I_1}$

2 участка  $R_2 = \frac{U}{I_2}$

общее сопротивление по двум формулам

$$R = \frac{U}{I} \quad \text{и} \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

5. Занесите результаты измерений и вычислений в таблицу
6. Повторить опыт, изменив реостатом силу тока в цепи
7. Произвести расчеты, сделать выводы и результаты внести в таблицу.
8. Сравните результаты вычислений общего сопротивления и сделайте вывод.



№	U	I	$I_1$	$I_2$	$R_1$	$R_2$	R
	B	A	B	B	Ом	Ом	Ом
1							
2							

Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 11

**Тема: Исследование смешанного соединения проводников.**

**Цель работы:** экспериментально изучить характеристики смешанного соединения проводников.

**Оборудование:** источник питания, ключ, реостат, амперметр, вольтметр, соединительные провода, три проволочных резистора сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом и 4 Ом.

**Теоретическое обоснование:**

Во многих электрических цепях используется смешанное соединение проводников, являющееся комбинацией последовательного и параллельного соединений. Простейшее смешанное соединение сопротивлений  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 4 \text{ Ом}$  приведено на рисунке 1, а.

Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены между собой параллельно, поэтому сопротивление между точками 2 и 3

$$R_{2,3} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \quad (1)$$

Кроме того, при параллельном соединении суммарная сила тока  $I_1$  втекающего в узел 2, равна сумме сил токов, вытекающих из него.  $I_1 = I_2 + I_3$  (2)

Учитывая, что сопротивления  $R_1$  и эквивалентное сопротивление  $R_{2,3}$  соединены последовательно (рис. 1, б),  $U_{13} = U_{12} + U_{23}$  (3),

а общее сопротивление цепи между точками 1 и 3 (рис. 1, в)  $R_{13} = R_1 + R_{2,3} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$  (4)

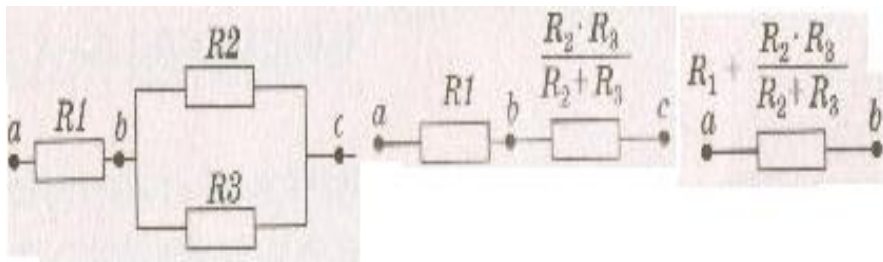


Рис 1 а) б) в)

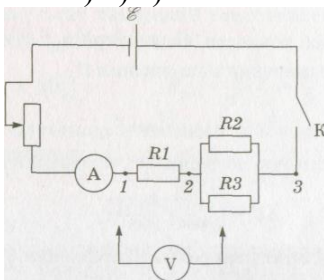


Рис.2.

Электрическая цепь для изучения характеристик смешанного соединения проводников

состоит из источника питания (рис. 2), к которому через ключ подключены реостат, амперметр и смешанное соединение трех проволочных резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Вольтметром измеряют напряжение между различными парами точек цепи. Последующие измерения силы тока и напряжения в электрической цепи позволят проверить соотношения (1)—(4).

Измерение силы тока  $I$ , протекающего через резистор  $R_1$ , и разности потенциалов на нем

$U_{12}$  позволяет определить сопротивление  $R_1$  и сравнить его с заданным значением.  $R_1 = \frac{U_{12}}{I_1}$  (5)

Сопротивление  $R_{23}$  можно найти из закона Ома, измерив вольтметром разность

потенциалов  $U_{23}$ .  $R_{23} = \frac{U_{23}}{I_1}$  (6)

Этот результат можно сравнить со значением  $R_{23}$ , полученным из формулы (1). Справедливость формулы (3) проверяется дополнительным измерением с помощью вольтметра напряжения  $U_{13}$  (между точками 1 и 3).

Это измерение позволит также оценить сопротивление  $R_{13}$  (между точками 1 и 3).  $R_{13} = \frac{U_{13}}{I_1}$  (7)

Экспериментальные значения сопротивлений, полученных по формулам (5) — (7), должны удовлетворять соотношению (4) для данного смешанного соединения проводников.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь (см. рис. 2).
2. При помощи реостата установите в цепи определенную силу тока  $I_1$  измеряемую амперметром.
3. Запишите класс точности амперметра, указанный на шкале прибора, и предел измерения силы тока.
4. Найдите абсолютную погрешность измерения силы тока
5. Подключите вольтметр к точкам 1 и 2 (см. рис. 3) и измерьте напряжение  $U_{12}$  между этими точками.
6. Запишите класс точности вольтметра указанный на шкале прибора, и предел измерения напряжения.
7. Найдите абсолютную погрешность измерения напряжения.
8. Рассчитайте  $R_1$ .
9. Подключите вольтметр к точкам 2 и 3 и измерьте напряжение между этими точками.
10. Рассчитайте сопротивление  $R_{23}$ .
11. Подключите вольтметр к точкам 1 и 3 и измерьте напряжение между этими точками.
12. Рассчитайте сопротивление  $R_{13}$ .

13. Проверьте справедливость формул (3) и (4).

14. Сделайте вывод.

**Дополнительное задание.**

Убедиться в том, что при параллельном соединении проводников справедливо равенство:

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

1. Подключите амперметр последовательно с резистором  $R_2$  и измерьте силу тока  $I_2$ .
2. Рассчитайте сопротивление резистора  $R_2$  и сравните его с заданным значением.  $R_2 = U_2 / I_2$
3. Подключите амперметр последовательно с резистором  $R_3$  и измерьте силу тока  $I_3$ .
4. Рассчитайте сопротивление резистора  $R_3$  и сравните его с заданным значением.  $R_3 = U_3 / I_3$
5. Проверьте справедливость равенства  $I_1 = I_2 + I_3$ .

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 12

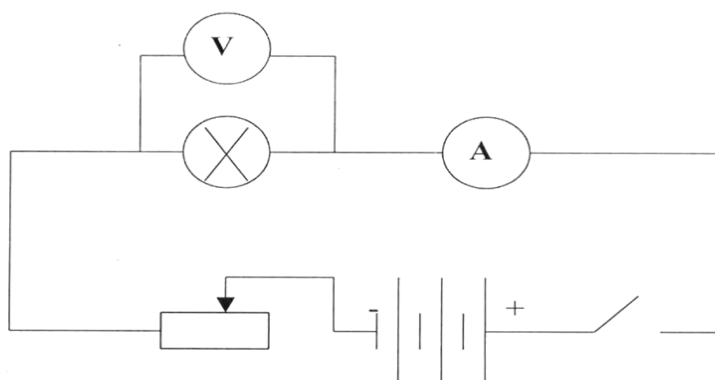
**Тема: Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на её зажимах.**

**Цель:** исследовать зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на её зажимах.

Оборудование : Источник тока, реостат, осветитель с лампой, ключ, амперметр, вольтметр, соединительные провода.

### ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ.

1. Собрать цепь по схеме:



2. Замкнуть цепь и при помощи реостата установить наименьшее значение напряжения. Записать показания амперметра и вольтметра. Поступать так пока не будет достигнуто номинальное напряжение в нашем опыте 12 В.
3. Для каждого значения напряжения подсчитать мощность, потребляемую лампой по формуле:  $P=U \cdot I$
4. Для каждого значения подсчитать сопротивление нити лампы:  $R=U/I$
5. Построить графики зависимости:
  - а) мощности от напряжения;
  - б) сопротивления от напряжения.
6. Результаты всех измерений и вычислений записать в таблицу:

№ опыта	напряжение	сила тока	мощность	сопротивление
	U(В)	I(А)	P(Вт)	R(Ом)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

Расчеты, графики:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 13

**Тема:** Изучение явления электромагнитной индукции.

**Цель работы:** доказать экспериментально правило Ленца, определяющее направление тока при электромагнитной индукции.

**Оборудование:** дугообразный магнит, катушка-моток, миллиамперметр, полосовой магнит.

### Теоретическое обоснование

Согласно закону электромагнитной индукции, ЭДС электромагнитной индукции  $\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}$ . (1)

Для определения знака ЭДС индукции (и соответственно направления индукционного тока) в контуре это направление сравнивается с выбранным направлением обхода контура.

Направление индукционного тока считается положительным, если оно совпадает с выбранным направлением обхода контура, и считается отрицательным, если оно противоположно выбранному направлению обхода контура. Воспользуемся законом Фарадея-Максвелла для определения направления индукционного тока в круговом проволочном витке площадью  $S_0$ . предположим, что в начальный момент времени  $t_1 = 0$  индукция магнитного поля  $\vec{B}_1$  в области витка равна нулю (рис.1, а). В следующий момент времени  $t_2 = \tau$  виток перемещается в область магнитного поля, индукция которого  $\vec{B}_2$  направлена перпендикулярно плоскости витка к нам (рис.1, б).

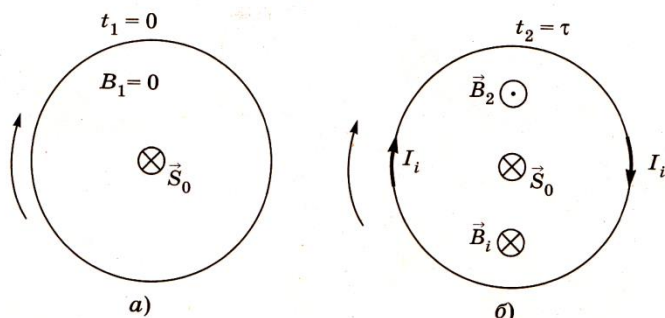


Рис. 1

За направление обхода контура выберем направление по часовой стрелке. По правилу буравчика вектор площади контура  $\vec{S}_0$  будет направлен от нас перпендикулярно площади контура. Магнитный поток  $\Phi_1$ , пронизывающий контур в начальном положении витка, равен нулю ( $B_1 = 0$ ):  $\Phi_1 = 0$ .

Магнитный поток в конечном положении витка  $\Phi_2 = B_2 * S_0 \cos 180^\circ = -B_2 S_0$ .

Изменение магнитного потока в единицу времени  $\dot{\Phi} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\tau} = -\frac{B_2 S_0}{\tau} < 0$ .

Значит, ЭДС индукции, согласно формуле (1), будет положительной:  $\mathcal{E}_i = \frac{B_2 S_0}{\tau} > 0$ .

Это означает, что индукционный ток в контуре будет направлен по часовой стрелке. Соответственно, согласно правилу буравчика, для контурных токов, собственная индукция на оси такого витка будет направлена против индукции внешнего магнитного поля (рис.1,б).

Согласно правилу Ленца, индукционный ток в контуре имеет такое направление, что созданный им магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром, препятствует изменению магнитного потока, вызвавшего этот ток.

Индукционный ток наблюдается и при усилении внешнего магнитного поля в плоскости витка без его перемещения. Например, при вдвигании полосового магнита в виток возрастает внешнее магнитное поле и магнитный поток, его пронизывающий.

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 2. Дугообразный магнит вдвигают северным полюсом в катушку-моток, присоединенную к миллиамперметру. Направление и

величину индукционного тока в катушке определяют по знаку и величине отклонения стрелки миллиамперметра.

Результаты данного эксперимента фиксируются в таблице 1. Здесь  $I_A$ —показания миллиамперметра, которые считаются положительными при отклонении стрелки вправо.

19

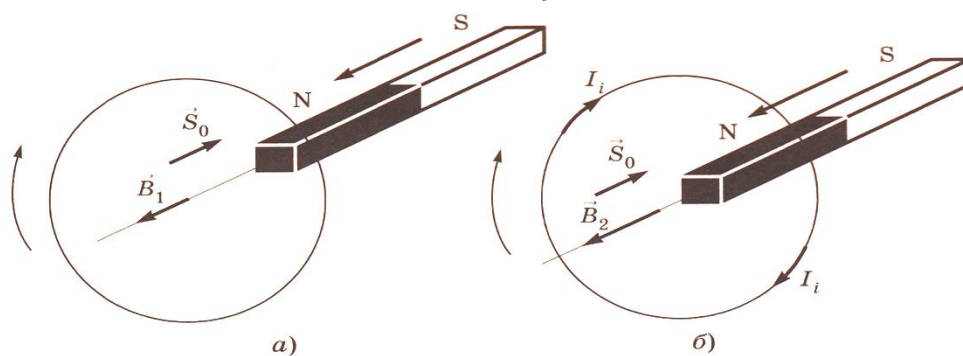


Рис. 2

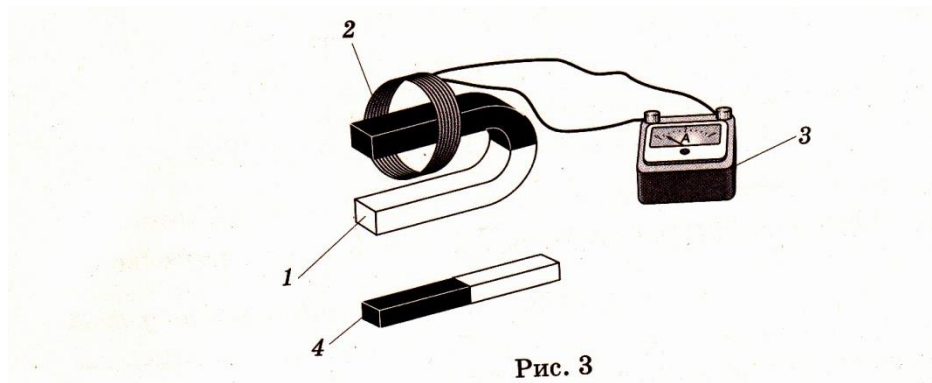


Рис. 3

Т а б л и ц а 1

Направление обхода контура	$\vec{S}_0$	$\vec{B}_1$	$\vec{B}_2$ ( $B_2 > B_1$ )	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$	$\mathcal{E}_i$ (знак)	$I_i$ (напр.)	$I_A$
$\oplus$	$\otimes$	$\odot$	$\odot$	$-B_1 S_0$	$-B_2 S_0$	$-(B_2 - B_1) S_0 < 0$	+	$\oplus$	+15 мА

**Порядок выполнения работы:**

1. Катушку-моток 2 (см. рис. 3) подключите к зажимам миллиамперметра.
2. Северный полюс дугообразного магнита внесите в катушку вдоль её оси. В последующих опытах полюса магнита перемещайте с одной и той же стороны катушки, положение которой не изменяется.

3. Удалите из катушки северный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 2.
4. Внесите в катушку южный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 3.
5. Удалите из катушки южный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 4.

Таблица 2

Направление обхода контура	$\vec{S}_0$	$\vec{B}_1$	$\vec{B}_2$ ( $B_2B_1$ )	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$	$\varepsilon_i$ (знак)	$I_i$ (напр.)	$I_A$

Таблица 3

Направление обхода контура	$\vec{S}_0$	$\vec{B}_1$	$\vec{B}_2$ ( $B_2B_1$ )	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$	$\varepsilon_i$ (знак)	$I_i$ (напр.)	$I_A$

Таблица 4

Направление обхода контура	$\vec{S}_0$	$\vec{B}_1$	$\vec{B}_2$ ( $B_2B_1$ )	$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$	$\varepsilon_i$ (знак)	$I_i$ (напр.)	$I_A$

Вывод:



## Лабораторно-практическое занятие 14

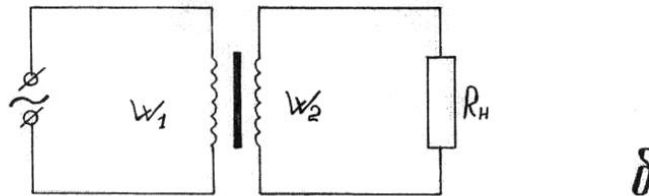
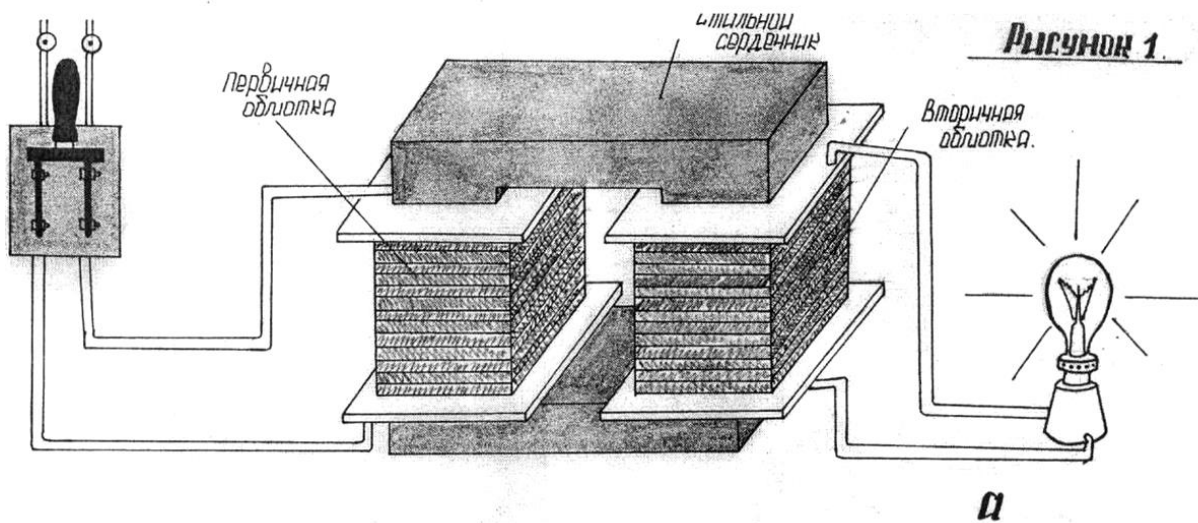
**Тема:** Изучение устройства и принципа работы трансформатора.

**Цель:** Изучить устройство и принцип работы трансформатора.

**Оборудование:** лабораторный трансформатор, лампочка, соединительные проводники.

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Описать устройство трансформатора
2. На основе опыта описать принцип работы трансформатора
  - а) холостой ход
  - б) работу трансформатора с нагрузкой



Простейший трансформатор:  
а) внешний вид ; б) схема.

3. Решить задачу

Трансформатор включен в сеть с напряжением 120 В. Первичная обмотка содержит 300 витков. Сколько витков должна иметь вторичная обмотка, чтобы напряжение на ее концах было 6,4 В?

4. Ответить на вопрос:

Почему с увеличением нагрузки во вторичной цепи (уменьшением сопротивления) автоматически возрастает потребляемая трансформатором мощность от сети?

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 15

**Тема:** Определение главного фокусного расстояния и оптической силы линзы.

**Цель:** Определить главное фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

**Оборудование:** собирающая линза, электрическая лампа на подставке, источник электроэнергии, линейка, экран белый.

Порядок проведения работы:

1. Установить источник света, линзу и экран так, как изображено на рисунке.
2. Перемещать источник света и линзу до тех пор, пока на экране получится чёткое изображение нити лампы. (Увеличенное или уменьшенное).
3. Измерить в обоих случаях расстояние от источника света до линзы  $d$  и от экрана до линзы  $f$  с точностью до 1мм.
4. Вычислить главное фокусное расстояние линзы  $F$ , пользуясь формулой собирающей линзы.
5. По найденному главному фокусному расстоянию линзы, выраженному в метрах, определить оптическую силу линзы  $D$ .
6. Результаты всех вычислений и измерений занести в таблицу.
7. Построить увеличенное изображения предмета.
8. Дать определение главному фокусному расстоянию и оптической силе линзы.

Изображение						Фокусн. расстоян. среднее значение.	Оптич. сила линзы.	Относит. погрешность.
Увеличенное			Уменьшенное					
Расстояние		Главное фокусное расстоян.	Расстояние		Главное фокусное расстоян.			
От осветит.	От экрана		От осветит.	От экрана				
$d$	$f$	$F$	$d$	$f$	$F$	$F_{cp}$	$D$	$\delta$
см	см	м	см	см	м	м	дптр	%

$$F_{cp} = \frac{F1 + F2}{2}$$

$$\Delta F = \frac{|F_{cp} - F1| + |F_{cp} - F2|}{2}$$

$$D = \frac{1}{F_{cp}}$$

$$\delta = \frac{\Delta F}{F_{cp}} \cdot 100\%$$

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 16

**Тема:** Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

**Цель:** Измерить длину световой волны с помощью дифракционной решетки.

**Оборудование:** прибор для измерения длины световой волны.

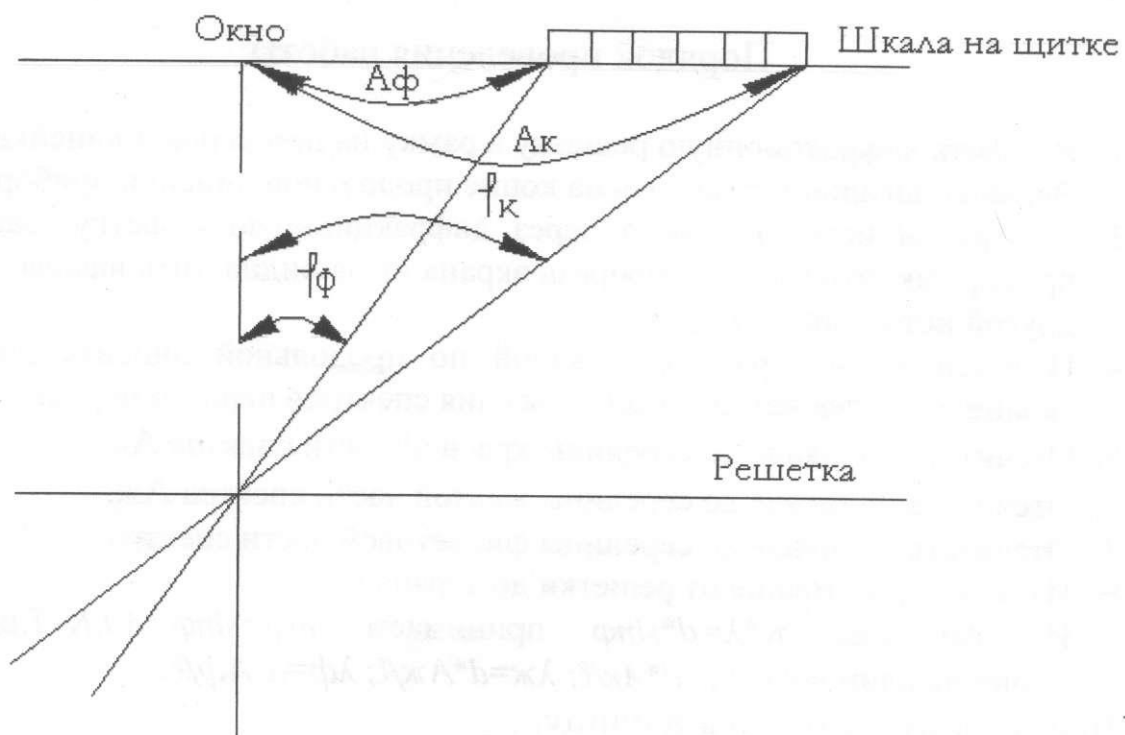
### Порядок проведения работы:

1. Вставить дифракционную решетку в рамку на продольной линейки прибора.
2. Экран со шкалой установить на конце продольной линейки прибора.
3. Смотря на источник света через дифракционную решетку, расположить прибор так, чтобы через прорезь экрана была видна нить накала лампы или другой источник света.
4. Перемещением экрана со шкалой по продольной линейке добиться на экране наиболее четкого расположения спектров первого порядка.
5. Отсчитать по шкале до середины красной части спектра  $A_k$ .
6. Отсчитать по шкале до середины желтой части спектра  $A_j$ .
7. Отсчитать по шкале до середины фиолетовой части спектра.
8. Измерить расстояние от решетки до экрана  $l$ .
9. Из формулы  $K \cdot \lambda = d \cdot \sin \varphi$  принимаем  $\operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi = A/l, K = \ell$ , получают значения длин волн  $\lambda_k = d \cdot A_k / \ell$ ;  $\lambda_j = d \cdot A_j / \ell$ ;  $\lambda_f = d \cdot A_f / \ell$ .
10. Результаты занести в таблицу.
11. Определить абсолютную и относительную погрешности.

$$d = 0,01 \text{ мм}, \Delta A = 0,5 \text{ мм}, \Delta \ell \text{ мм}$$

$$\lambda_{BG} = d \cdot A + 0,5 / \ell - 1; \lambda_{HG} = d \cdot A - 0,5 / \ell + 1; \lambda_{cp} = \lambda_{BG} + \lambda_{HG} / 2; \Delta \lambda = \lambda_{BG} - \lambda_{HG} / 2, \\ \delta = \Delta \lambda / \lambda_{cp} \cdot 100\%$$

Постоянная решетки	Расстояние от решетки до экрана	красная часть спектра			желтая часть спектра			фиолетовая часть спектра		
		Смещение	Длина волны	Погрешность	Смещение	Длина волны	Погрешность	Смещение	Длина волны	Погрешность
d	ℓ	A <sub>к</sub>	λ <sub>к</sub>	δ	A <sub>ж</sub>	λ <sub>ж</sub>	δ	A <sub>ф</sub>	λ <sub>ф</sub>	δ
мм	мм	мм	мм	%	мм	мм	%	мм	мм	%



Расчеты:

Вывод:

## Лабораторно-практическое занятие 17

### Тема: Изучение взаимодействия частиц и ядерных реакций (по фотографиям)

**Цель работы:** проанализировать фотографии треков заряженных частиц, движущихся в магнитном поле и участвующих в ядерных реакциях.

**Оборудование, средства измерения:** 1) фотография трека заряженных частиц в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, 2) фотография треков частиц при реакции взаимодействия  $\alpha$ -частиц с ядром атома азота.

#### Теоретическое обоснование

Для изучения взаимодействия элементарных частиц, для регистрации ядерных реакций и измерения физических величин, характеризующих состояние частиц, в них участвующих, используют камеру Вильсона.

Эта камера заполнена перенасыщенными парами воды и этилового спирта. Такие пары легко конденсируются в виде маленьких капелек на ионах, образующих при полете быстрых частиц. Водяной пар конденсируется преимущественно на отрицательных ионах, пары этилового спирта – на положительных, вдоль всего пути частицы возникает трек – тонкий след из капелек, благодаря чему ее траектория движения становится видимой. Треки частиц фотографируют при дополнительной подсветке паров в камере Вильсона.

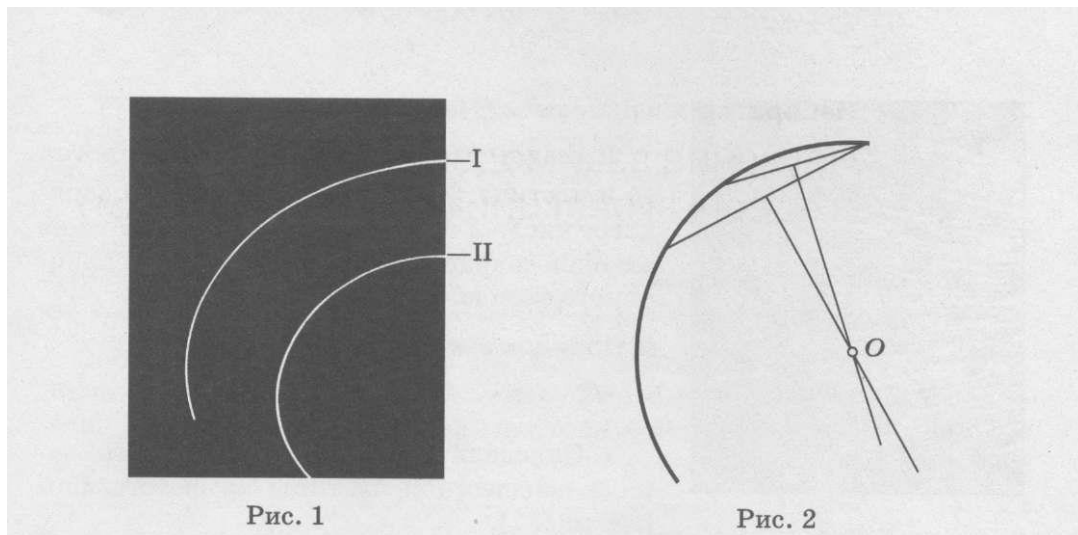
Толщина трека зависит от величины заряда частиц.

Чем больше заряд пролетающей частицы, тем больше ионов образуется при ее полете, а следовательно, тем больше толщина трека частицы.

Длина трека зависит от энергии частицы. Чем больше энергия частицы, тем медленнее она расходует энергию на ионизацию паров, тем длиннее трек частицы.

#### Часть I

На фотографии (рис. 1), сделанной в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, изображены траектории двух заряженных частиц.



Трек I на фотографии принадлежит протону, трек II – частице, которую надо идентифицировать. Начальные скорости обеих частиц одинаковы и перпендикулярны краю фотографии. Линии индукции внешнего магнитного поля перпендикулярны плоскости фотографии.

Идентификация неизвестной частицы с зарядом  $q$  и массой  $m$  осуществляется путем сравнения ее удельного заряда  $\frac{q}{m}$  с удельным зарядом протона  $\frac{e}{m}$ . Под действием силы

Лоренца заряженная частица движется по окружности радиусом  $R_1$ . Согласно второму закону Ньютона

$$ma_n = F_l, \text{ или } m \frac{v^2}{R} = qvB,$$

Где  $B$  – индукция внешнего магнитного поля.

Тогда  $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR_1}$

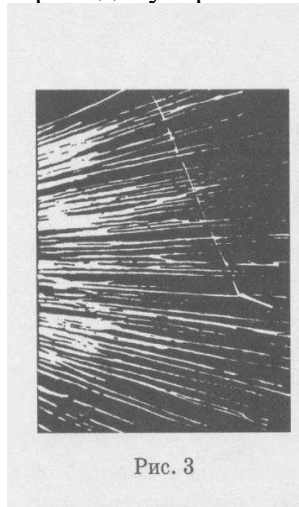
Для протона аналогично

$$\frac{e}{m_p} = \frac{v}{BR_2}$$

Отношение удельных зарядов обратно пропорционально отношению радиусов треков:

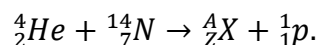
$$\frac{q/m}{e/m_p} = \frac{R_2}{R_1}$$

Для измерения радиуса кривизны трека вычерчивают две хорды и восставляют к ним перпендикуляры из центров хорд (рис.2). Центр окружности лежит на пересечении этих перпендикуляров. Ее радиус измеряют линейкой.



### Часть II

По фотографии (рис.3), сделанной в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, изучают ядерную реакцию взаимодействия  $\alpha$ -частиц с атомом азота, впервые осуществленную в 1919 г. Э. Резерфордом.



В результате реакции образуется протон  ${}^1_1\text{p}$  и частица  ${}^A_Z\text{X}$ . Массовое число  $A$  и зарядовое число  $Z$  этой частицы можно найти из законов сохранения электрического и барионного заряда.

### Порядок выполнения работы

1. Определите знак электрического заряда неизвестной частицы на фотографии (см.рис. 1).

2. Укажите на фотографии направление вектора магнитной индукции  $\vec{B}$ .

3. Измерьте радиус  $R_1$  трека неизвестной частицы на фотографии.

$$R_1 =$$

4. Измерьте радиус  $R_2$  трека неизвестной частицы на фотографии.

$$R_2 =$$

5. Сравните удельные заряды неизвестной частицы и протона.

$$\frac{q/m}{e/m_p} = \frac{R_2}{R_1} =$$

6. Идентифицируйте заряженную частицу.

Вывод:

## ***ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ***

### *Список используемой литературы:*

1. Касьянов В. А. Коровин В.А. Физика: Тетрадь для лабораторных работ 11 класс. –М.: Дрофа, 2014.
2. Касьянов В. А. Коровин В.А. Физика: Тетрадь для лабораторных работ 10 класс. –М.: Дрофа, 2014.
3. Дмитриева В. Ф. Физика: Учебник для средних специальных учебных заведений:- М.: Академия, 2015.

