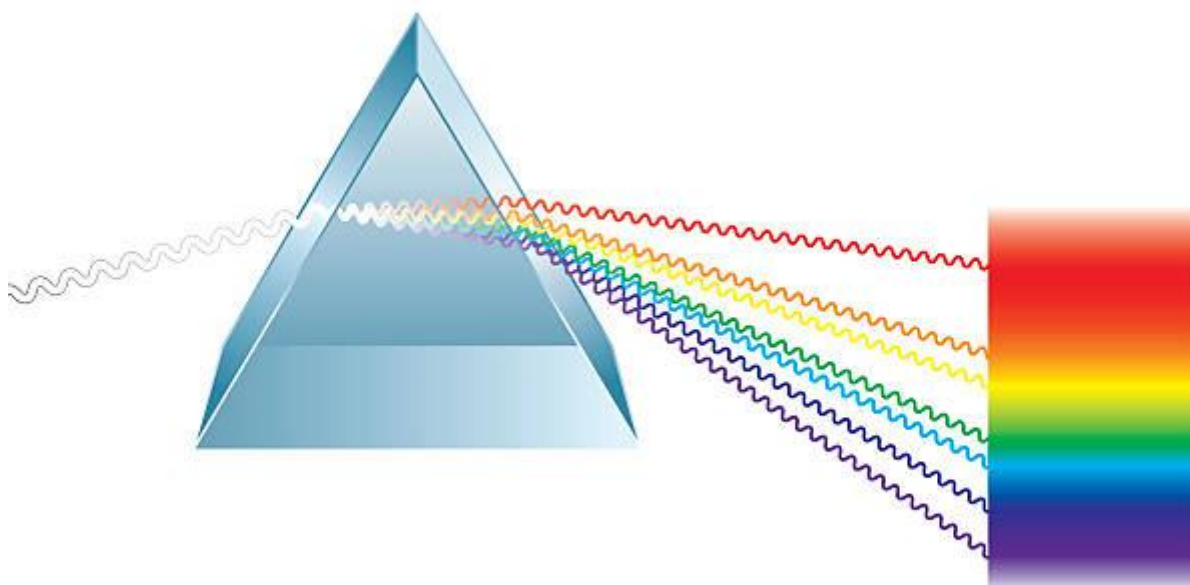


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»



# **Фронтальные лабораторные работы по физике для средней общеобразовательной школы**

Практикум



Рязань 2018

УДК 372.853(075.8)  
ББК 74.262.23–26я73  
Ф 91

Печатается по решению редакционно-издательского совета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина».

#### Рецензенты

*А.Е. Айзензон*, д-р пед. наук, проф.  
(ФГБОУ ВО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»)  
*Е.Е. Панова*, канд. пед. наук  
(ОКУ «Центр мониторинга и оценки качества образования Липецкой области»)

**Фронтальные лабораторные работы по физике для средней общеобразовательной школы [Электронный ресурс] : практикум / авт.-сост. Н.Б. Федорова, О.В. Кузнецова ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Электрон. текстовые дан. (1 файл : 3,34 МВ). – Рязань, 2018. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Систем. требования : IBM / PC ; Windows XP и выше ; 256 МВ RAM ; свободное место на HDD 25 МВ ; Acrobat Reader 3.0 или старше. – Загл. с экрана.**

Ф91

ISBN 978-5-906987-35-8

Практикум содержит фронтальные лабораторные работы по физике для учащихся основной и старшей школы. Для каждой лабораторной работы определена ее цель, приведен перечень оборудования, сформулированы задания для учащихся, указана последовательность выполнения эксперимента, задана форма представления результатов наблюдений и измерений в виде отчетных таблиц и графиков, сформулированы контрольные вопросы.

Содержание лабораторных работ соответствует требованиям обязательного минимума содержания основного и среднего (полного) общего образования по физике 7–11 классов. Практикум адресован учащимся средних школ, лицеев и гимназий, а также студентам и магистрантам направления подготовки «Педагогическое образование».

*физика, фронтальная лабораторная работа, эксперимент*

УДК 372.853(075.8)  
ББК 74.262.23–26я73

© Федорова Н.Б., Кузнецова О.В., авт.-сост., 2018  
© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина», 2018

ISBN 978-5-906987-35-8

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>7</b>
<b>Правила измерений физических величин и оценки погрешностей измерений.....</b>	<b>8</b>
<b>7–9 класс .....</b>	<b>10</b>
Лабораторная работа № 1 Исследование изменения координаты тела со временем .....	10
Лабораторная работа № 2 Измерение ускорения тела при равноускоренном движении .....	13
Лабораторная работа № 3 Измерение размеров малых тел .....	15
Лабораторная работа № 4 Определение цены деления измерительного прибора .....	17
Лабораторная работа № 5 Измерение объема жидкости и твердого тела при помощи измерительного цилиндра.....	19
Лабораторная работа № 6 Измерение массы тела на рычажных весах .....	21
Лабораторная работа № 7 Измерение плотности вещества.....	23
Лабораторная работа № 8 Измерение силы динамометром .....	25
Лабораторная работа № 9 Исследование удлинения пружины от силы растяжения .....	27
Лабораторная работа № 10 Изучение условий равновесия .....	29
Лабораторная работа № 11 Определение коэффициента полезного действия простого механизма .....	31
Лабораторная работа № 12 Измерение веса тела в воздухе и веса тела, полностью погруженного в жидкость. Расчет силы Архимеда.....	33
Лабораторная работа № 13 Изучение силы трения, возникающей при скольжении деревянного бруска с грузом по горизонтальной поверхности.....	35

Лабораторная работа № 14	
Определение коэффициента трения скольжения.....	37
Лабораторная работа № 15	
Измерение периода колебаний маятника .....	40
Лабораторная работа № 16	
Зависимость периода колебаний	
пружинного маятника от массы груза .....	42
Лабораторная работа № 17	
Измерение температуры вещества .....	44
Лабораторная работа № 18	
Измерение разности температур сухого	
и влажного термометров и определение	
относительной влажности воздуха.....	47
Лабораторная работа № 19	
Исследование изменения температуры	
остывающей воды со временем .....	49
Лабораторная работа № 20	
Определение удельной теплоемкости вещества.....	51
Лабораторная работа № 21	
Зависимость скорости испарения от площади	
поверхности и рода жидкости.....	53
Лабораторная работа № 22	
Сборка электрической цепи и измерение	
силы тока на ее различных участках.....	55
Лабораторная работа № 23	
Измерение напряжения на различных участках цепи.....	57
Лабораторная работа № 24	
Исследование зависимости силы тока	
в проводнике от напряжения на его концах .....	59
Лабораторная работа № 25	
Измерение силы тока и напряжения	
на различных участках цепи при последовательном	
соединении проводников.....	61
Лабораторная работа № 26	
Измерение работы и мощности электрического тока .....	63
Лабораторная работа № 27	
Определение полюса немаркированного магнита.....	65

Лабораторная работа № 28	
Наблюдение магнитного действия постоянного тока .....	67
Лабораторная работа № 29	
Изучение явления электромагнитной индукции .....	69
Лабораторная работа № 30	
Измерение фокусного расстояния	
и расчет оптической силы собирающей линзы.....	71
Лабораторная работа № 31	
Получение изображения с помощью собирающей линзы.....	73
Лабораторная работа № 32	
Исследование зависимости расстояния	
от предмета до собирающей линзы	
и расстояния до его изображения.....	75
Лабораторная работа № 33	
Изучение треков заряженных частиц	
по готовым фотографиям .....	77
<b>10–11 класс.....</b>	<b>80</b>
Лабораторная работа № 1	
Измерение ускорения тела при равноускоренном движении .....	80
Лабораторная работа № 2	
Изучение движения тела, брошенного горизонтально .....	82
Лабораторная работа № 3	
Определение жесткости пружины.....	85
Лабораторная работа № 4	
Определение коэффициента трения скольжения.....	87
Лабораторная работа № 5	
Изучение закона сохранения механической энергии.....	90
Лабораторная работа № 6	
Измерение ускорения свободного падения	
с помощью математического маятника .....	92
Лабораторная работа № 7	
Изучение движения тела, колеблющегося на пружине .....	94
Лабораторная работа № 8	
Определение скорости теплового движения молекул газа.....	97
Лабораторная работа № 9	
Наблюдение молекулярного взаимодействия тел .....	99

Лабораторная работа № 10	
Проверка уравнения состояния идеального газа .....	101
Лабораторная работа № 11	
Опытная проверка закона Гей-Люссака .....	104
Лабораторная работа № 12	
Определение коэффициента поверхностного натяжения.....	107
Лабораторная работа № 13	
Измерение относительной влажности воздуха .....	109
Лабораторная работа № 14	
Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.....	110
Лабораторная работа № 15	
Исследование различных соединений проводников .....	113
Лабораторная работа № 16	
Измерение мощности и работы электрического тока .....	118
Лабораторная работа № 17	
Изучение электромагнитной индукции	
и проверка правила Ленца.....	121
Лабораторная работа № 18	
Наблюдение интерференции и дифракции .....	123
Лабораторная работа № 19	
Измерение показателя преломления стекла .....	125
Лабораторная работа № 20	
Определение длины световой волны при помощи дифракционной	
решетки .....	127
Лабораторная работа № 21	
Наблюдение спектров испускания и поглощения .....	132
Лабораторная работа № 22	
Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям.....	135
<b>Список использованной литературы .....</b>	<b>139</b>
<b>Список рекомендуемой литературы .....</b>	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В практикуме представлено описание фронтальных лабораторных работ по физике для учащихся основной и старшей школы. Содержание лабораторных работ ориентировано на закрепление изучаемого материала, формирование у школьников необходимых умений и навыков собирать экспериментальные установки по описанию, рисунку или схеме, наблюдать физические явления и измерять исследуемые величины, представлять результаты измерений в виде таблиц и графиков, выявлять эмпирические закономерности, а также объяснять и анализировать полученные в ходе работ результаты в соответствии с требованиями к уровню подготовки учеников средней школы.

Для каждой лабораторной работы определена ее цель, приведен перечень оборудования и материалов, сформулировано задание для учащихся, даны краткие теоретические сведения, необходимые для проведения экспериментальных исследований, указана последовательность выполнения экспериментов, задана форма представления результатов наблюдений и измерений в виде отчетных таблиц и графиков, сформулированы контрольные вопросы.

Лабораторные работы рассчитаны на использование имеющегося в школе оборудования для фронтальных лабораторных работ. В отдельных опытах предлагается использовать широко распространенные в быту материалы. Количество лабораторных работ соответствует требованиям обязательного минимума содержания основного и среднего (полного) общего образования по физике 7–11 классов.

Данные работы могут быть выполнены как на базе индивидуального рабочего места учащегося одним школьником, так и не исключают традиционного варианта проведения лабораторных работ по физике в основной школе группами, состоящими из двух и более учеников в зависимости от комплектности имеющегося в школе оборудования.

Методика использования предлагаемого практикума может быть гибкой, не носит жесткого характера.

Лабораторные работы предназначены для учащихся средних школ, лицеев и гимназий, а также для студентов и магистрантов направления подготовки «Педагогическое образование».

# ПРАВИЛА ИЗМЕРЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН И ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ

**Значение физической величины** – это результат умножения отвлеченного числа на принятую для данной физической величины единицу измерения.

При всяком измерении физической величины ее сравнивают с однородной величиной, принятой за единицу (эталон). Сравнение с эталоном происходит косвенно. Например, массу тела мы сравниваем с массой гирь. При этом массы гирь не точно равны так называемым номинальным значениям, которое на них написано. В физике и технике не существует абсолютно точных приборов, следовательно и нет абсолютно точных способов измерения.

**Измерить физическую величину** – это значит с использованием специальных технических средств (средства измерения) найти опытным путем значение физической величины, а также степень ее приближения к истинному значению, которое в принципе неизвестно.

В каждом измерении можно определить границу абсолютной погрешности измерений с вероятностью, близкой к «1». Граница абсолютной погрешности всегда величина положительная. Однако она не в полной мере характеризует измерение. Поэтому, чтобы охарактеризовать качество измерений, пользуются относительной погрешностью, равной отношению границы абсолютной погрешности к значению измеряемой величины. Граница относительной погрешности измеряется в процентах.

Способ определения значения измеряемой величины и граница абсолютной погрешности измерений зависят от вида измерений – прямых, косвенных, совместных.

**Прямые измерения** – измерения, в которых результат находится непосредственно в процессе считывания со шкалы прибора.

**Косвенные измерения** – измерения, в которых результат определяется на основе расчетов.

**Совместные измерения** – измерения двух или нескольких одноименных величин, производимые одновременно с целью нахождения функциональной зависимости между ними.

В большинстве случаев измерения являются косвенными. Существуют два правила определения погрешности косвенных измерений:

- 1) если  $f = x \cdot y$  или  $f = x/y$ , то  $E_f = E_x + E_y$ ;
- 2) если  $g = x \pm y$ , то  $\Delta g = \Delta x + \Delta y$ .

При оформлении фронтальных лабораторных работ необходимо учитывать и рассчитывать абсолютные и относительные погрешности. Для этого в каждой работе вводятся опоры для расчета погрешностей и записи ответа (табл. 1).

При прямых измерениях абсолютную погрешность рассчитывают путем сложения абсолютной инструментальной и абсолютной погрешности отсчета по формуле

$$\Delta A = \Delta_{\text{и}} A + \Delta_{\text{о}} A,$$



где  $\Delta_{\text{и}}A$  – абсолютная инструментальная погрешность, зависящая от конструкции прибора,  $\Delta_{\text{о}}A$  – абсолютная погрешность отсчета, равная половине цены деления прибора.

Таблица 1

### Расчет косвенных измерений

<i>Вид функции</i>	<i>Абсолютная погрешность</i>	<i>Относительная погрешность</i>
$f = x \pm y$	$\Delta f = \Delta x + \Delta y$	$E = (\Delta x + \Delta y) / (x + y)$
$f = x \cdot y$	$\Delta f = x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x$	$E = (\Delta x / x) + (\Delta y / y)$
$f = x / y$	$\Delta f = (x \cdot \Delta y + y \cdot \Delta x) / y^2$	$E = (\Delta x / x) + (\Delta y / y)$
$f = x^n$	$\Delta f = x^{n-1} \cdot n \cdot \Delta x$	$E = n \cdot (\Delta x / x)$
$f = \sqrt{x}$	$\Delta f = x / n \cdot \Delta x$	$E = 1/n \cdot (\Delta x / x)$
$f = \sin x$	$\Delta f = \cos x \cdot \Delta x$	$E = \text{ctg } x \cdot \Delta x$
$f = 1/x + 1/y$	$\Delta f = \Delta x / x^2 + \Delta y / y^2$	$E = \Delta f / f$

В таблице 2 приведены значения абсолютных погрешностей средств измерений – приборов, используемых при выполнении фронтальных лабораторных работ.

Таблица 2

### Таблица абсолютных погрешностей средств измерений

<i>Средства измерения</i>	<i>Предел измерения</i>	<i>Цена деления</i>	<i>Абсолютная инструментальная погрешность <math>\Delta_{\text{и}}A</math></i>	<i>Абсолютная погрешность отсчета <math>\Delta_{\text{о}}A</math></i>
Линейка ученическая	50 см	1 мм	1 мм	0,5 мм
Линейка чертежная	50 см	1 мм	0,2 мм	0,5 мм
Стальная линейка	20 см	1 мм	0,1 мм	0,5 мм
Лента измерительная	150 см	0,5 см	0,5 см	0,25 см
Штангенциркуль	150 мм	0,1 мм	0,05 мм	0,05 мм
Измерительный цилиндр	250 мл	1 мл	1 мл	0,5 мл
Динамометр	4 Н	0,1 Н	0,05 Н	0,5 Н
Весы учебные	200 г		0,01 г	
Секундомер	0-30 мин	0,2 с	1 с за 30 мин	0,2 с
Термометр	0-100 °C	1 °C	1 °C	0,5 °C
Амперметр	2 А	0,1 А	0,05 А	0,05 А
Вольтметр	6 В	0,2 В	0,15 В	0,1 В

Относительную погрешность прямых измерений рассчитывают по формуле

$$E = (\Delta A / A) \cdot 100 \%,$$

где  $A$  – приближенное значение физической величины, то есть результат прямых или косвенных измерений,  $\Delta A$  – абсолютная погрешность.

Абсолютная погрешность рассчитывается по формуле

$$\Delta A = A \cdot E',$$

где  $E' = E / 100 \%$  – относительная погрешность косвенных измерений.

## 7–9 КЛАСС

### Лабораторная работа № 1

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КООРДИНАТЫ ТЕЛА СО ВРЕМЕНЕМ

**Цель работы:** научиться определять координату тела при различных видах движения.

**Оборудование:** стеклянная трубка длиной 0,6 м, заполненная водой и закрытая с обеих сторон резиновыми пробками; секундомер; полоска бумаги с нанесенной осью координат; ученическая линейка длиной 0,6 м.

#### Порядок выполнения работы:

##### 1-й вариант

1. Приклейте к стеклянной трубке, заполненной водой, полоску бумаги с нанесенной осью координат или закрепите на трубке ученическую линейку.
2. Удерживая трубку горизонтально (рис. 1), обратите внимание, что пузырек воздуха в трубке расположен горизонтально и трубка выполняет роль уровня.

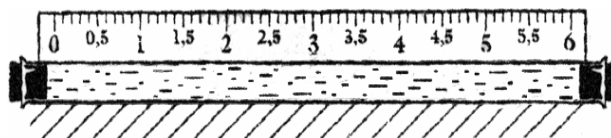


Рис. 1

3. Расположите трубку вертикально, чтобы ось координат была направлена вниз, и наблюдайте движение пузырька воздуха к верхней части трубки.
4. Возьмите в руки секундомер и приготовьте его к работе.
5. Переверните трубку на  $180^\circ$ , чтобы ось координат была направлена вверх, и включите секундомер.
6. Следите за движением пузырька воздуха и фиксируйте его положение через каждые две секунды, пока он не достигнет верха трубки.
7. Результаты измерений запишите в таблицу:

Время $t$ , с	0	2	4	6	8	10
Координата $x$ , см						

8. Рассчитайте путь, пройденный пузырьком воздуха за каждые две секунды его подъема, по формулам:

$$S_1 = x_1 - x_0 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_2 = x_2 - x_1 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_3 = x_3 - x_2 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_4 = x_4 - x_3 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_5 = x_5 - x_4 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

9. Определите, одинаковые ли пути проходит пузырек воздуха за эти промежутки времени.
10. Сделайте вывод о характере движения пузырька воздуха в трубке с водой.

---



---



---



---

## 2-й вариант

1. По рисунку 2 определите координаты шарика, движущегося по наклонному желобу, если на рисунке отмечены положения шарика через каждые две секунды от начала его движения.

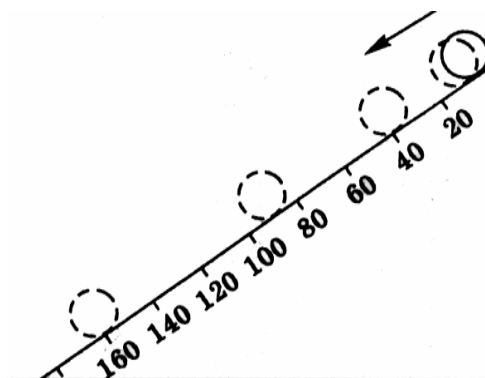


Рис. 2

2. Направьте ось координат (OX) вдоль движения шарика по наклонной плоскости.
3. Результаты измерений запишите в таблицу:

Время $t, \text{с}$	0	2	4	6	8	10
Координата $x, \text{см}$						

4. Рассчитайте путь, пройденный шариком за каждые две секунды его движения, по формулам:

$$S_1 = x_1 - x_0 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_2 = x_2 - x_1 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_3 = x_3 - x_2 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_4 = x_4 - x_3 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

$$S_5 = x_5 - x_4 = \quad - \quad = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

5. Определите, одинаковые ли пути проходит шарик за эти промежутки времени.

6. Сделайте вывод о характере движения шарика.

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Перечислите, что необходимо для того, чтобы определить координату тела.

---

---

---

2. Как называется тело, которое помещается в начало отсчета?

---

---

---

3. Сколько раз координата изменяется при движении тела на плоскости вдоль прямой линии, если траектория движения параллельна одной из координатных осей?

---

---

---

***Вывод:***

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 2

### ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

**Цель работы:** измерить ускорение, с которым шарик скатывается по наклонному желобу, и проанализировать полученный результат.

**Оборудование:** штатив с принадлежностями; металлический желоб; стальной шарик; секундомер; стальной цилиндр; измерительная лента.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, изображенную на рисунке.

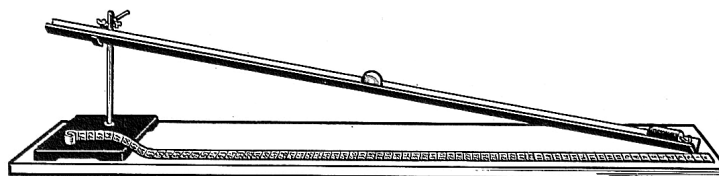


Рис.

2. Дождитесь, когда стрелка секундомера совпадет с нулевым делением.
3. Отпустите шарик и заметьте время  $t$  от начала его движения до удара о цилиндр, установленный в конце желоба.
4. Измерьте пройденное шариком расстояние  $S$  с помощью сантиметровой ленты.
5. Опыт повторите 3 раза. Полученные результаты занесите в таблицу.

*Примечание.* Чтобы повысить точность измерений, надо брать очень длинный желоб и провести несколько измерений, по результатам которых взять среднее значение для расчета ускорения.

№	$t, c$	$S, m$	$a, m/c^2$
1			
2			
3			
Ср.			

6. Вычислите ускорение, с которым шарик скатывался по наклонному желобу, по формуле  $a = \frac{2S}{t^2}$ :

$$a_1 = \frac{2S_1}{t_1^2} = \text{---} = \text{---} \text{ м/с}^2;$$

$$a_2 = \frac{2S_2}{t_2^2} = \text{---} = \text{ м / с}^2;$$

$$a_3 = \frac{2S_3}{t_3^2} = \text{---} = \text{ м / с}^2.$$

7. Рассчитайте среднее значение ускорения по формуле:

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \text{---} = \text{ м / с}^2..$$

8. Результаты занесите в таблицу.

9. Проанализировав полученные результаты, сделайте вывод.

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Какое движение называется равнопеременным? Приведите пример равноускоренного движения.

---

---

---

2. Какая из приведенных ниже формул соответствует определению ускорения:

А)  $a = \frac{v^2}{2S}$

Б)  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

В)  $a = \frac{v^2}{R}$

Г) Все три формулы из ответов А–В

Д) Ни одна формула из ответов А–В

3. Какие из приведенных зависимостей пути и модуля скорости от времени описывают равноускоренное прямолинейное движение точки?

1)  $v = 4 + 2t$

3)  $S = 5t^2$

5)  $v = 2 + 3t + 4t^2$

2)  $S = 3 + 5t$

4)  $S = 3t + 2t^2$

Выберите правильный ответ:

А) 1, 3, 4

Б) 2, 3, 4

В) 3, 4, 5

Г) 1, 4, 5

Д) 1, 2, 5

4. Чем равноускоренное движение отличается от равнозамедленного?

---

---

*Вывод:*

---

---

# Лабораторная работа № 3

## ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ МАЛЫХ ТЕЛ

**Цель работы:** научиться выполнять измерения размеров малых тел способом рядов.

**Оборудование:** ученическая линейка; горох; пшено; книга; тонкая медная проволока; круглый карандаш; игла.

### Порядок выполнения работы:

1. Положите в ряд вплотную к линейке 20 горошин.
2. Измерьте длину ряда и, разделив полученное значение на количество горошин, определите средний диаметр горошины.
3. Определите таким же способом размер крупинок пшена. Для удобства пользуйтесь иголкой.
4. Результаты занесите в таблицу:

№ опыта	Количество частиц в ряду	Длина ряда, см	Диаметр частицы, см
1	горох –		
2	пшено –		

5. Сожмите книгу и измерьте ее толщину без учета обложки.
6. Посчитайте число листов в книге.
7. Разделив толщину книги на количество листов, рассчитайте толщину одного листа.
8. Результаты занесите в таблицу:

Число листов в книге	Толщина книги, см	Толщина одного листа, см

9. Определите диаметр тонкой проволоки. Для этого намотайте ее на карандаш вплотную, сделав около 30–50 витков.
10. Измерьте длину навивки и посчитайте количество витков.
11. Разделите длину навивки на количество витков и таким образом определите диаметр проволоки.
12. Результаты занесите в таблицу:

Число витков	Длина проволоки, см	Диаметр проволоки, см

13. Используя фотографию атома золота на рисунке, полученную с помощью электронного микроскопа, определите диаметр одного атома золота, учитывая увеличение.

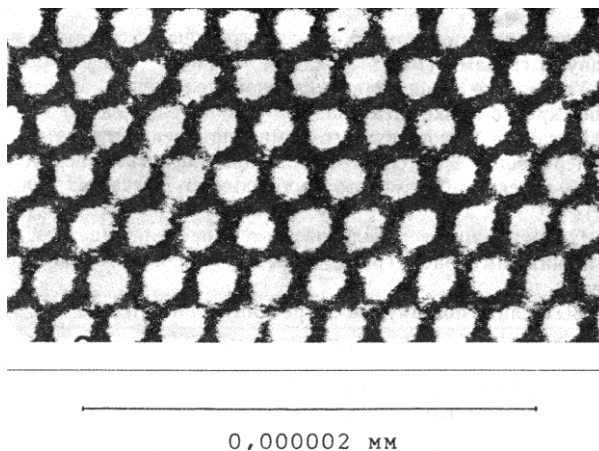


Рис.

14. Результаты занесите в таблицу.

<i>Диаметр одного атома золота на фотографии, мм</i>	<i>Истинный диаметр одного атома золота, мм</i>

**Контрольные вопросы:**

- Толщина волоса 0,1 мм. Выразите ее в см, м, нм, мкм.  


---



---
- Какое минимальное расстояние можно измерить с помощью ученической линейки?  


---



---
- Длина бактерии 0,5 мкм. Сколько таких бактерий можно уложить в длину вплотную друг за другом на 1 мм?  


---



---

**Вывод:**

---



---



---



---



## Лабораторная работа № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЦЕНЫ ДЕЛЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

**Цель работы:** научиться определять цену деления измерительного цилиндра (мензурки) и измерять с его помощью объем жидкости.

**Оборудование:** измерительный цилиндр; мерный стакан с водой; колба; пузырек.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Определите цену деления мензурки.

*Цена деления =*

2. Налейте полный стакан воды и затем осторожно перелейте ее в измерительный цилиндр (рис.).
3. Определите, чему равен объем налитой в стакан воды.
4. Определите вместимость колбы и пузырька, повторив пункты 2 и 3.
5. Заполните таблицу и сделайте перевод единиц измерений.



Рис.

Название сосуда	Объем воды, мл	Вместимость сосуда, мл	Объем воды, м <sup>3</sup>	Вместимость сосуда, м <sup>3</sup>
Мензурка				
Колба				
Пузырек				

#### **Контрольные вопросы:**

1. Определите цену деления ученической линейки.

*Цена деления =*

2. Как определить цену деления прибора?

---

---

---

3. Приведите примеры бытовых измерительных приборов. Какие величины они измеряют? Каковы единицы измерения этих величин?

---

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 5

### ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА ЖИДКОСТИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА ПРИ ПОМОЩИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЦИЛИНДРА

**Цель работы:** научиться определять с помощью измерительного цилиндра (мензурки) объем жидкости и твердого тела.

**Оборудование:** измерительный цилиндр; тела неправильной формы.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Определите цену деления мензурки.

*Цена деления =*

2. Налейте в мензурку столько воды, чтобы исследуемое тело можно было полностью погрузить в воду.

3. Измерьте объем налитой воды:

$$V_1 = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

4. Опустите тело в воду, удерживая его за нитку, и снова измерьте объем жидкости:

$$V_2 = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

5. Рассчитайте объем тела по формуле:

$$V = V_2 - V_1 = \quad - \quad = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

6. Определите объем других тел неопределенной формы, повторив пункты 3 и 4:

$$V = V_2 - V_1 = \quad - \quad = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3;$$

$$V = V_2 - V_1 = \quad - \quad = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

7. Заполните таблицу и сделайте перевод единиц измерений.

№ опыта	Название тела	$V_1, \text{мл}$	$V_1, \text{м}^3$	$V_2, \text{мл}$	$V_2, \text{м}^3$	$V, \text{м}^3$
1.						
2.						
3.						

#### **Контрольные вопросы:**

1. Определите цену деления мензурок № 1 и № 2 (рис. 1).

*Цена деления мензурки № 1 =*

*Цена деления мензурки № 2 =*

С помощью какой из этих мензурок, измерения объема жидкости будут более точными?

---

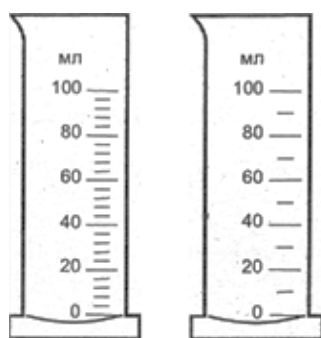
---

2. Каковы объемы жидкостей в мензурках, изображенных на рисунке 2?

---

---

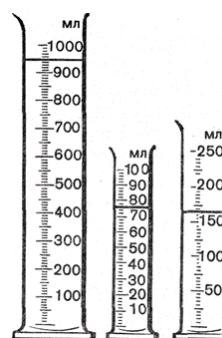
---



№ 1

№ 2

Рис. 1



а)

б)

в)

Рис. 2

3. Как определить объем одной дробинки, если даны мензурка, дробь, вода?

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 6

## ИЗМЕРЕНИЕ МАССЫ ТЕЛА НА РЫЧАЖНЫХ ВЕСАХ

**Цель работы:** научиться пользоваться рычажными весами и с их помощью определять массу тел.

**Оборудование:** весы; разновес; тела разной массы (от 0,1 до 100 г); болт; монета; стакан с водой; нить.

### Правила взвешивания:

1. Перед взвешиванием необходимо установить весы на горизонтальную поверхность и уравновесить.
2. Взвешиваемое тело кладут на левую чашку весов, а гири на правую.
3. Тело кладут на чашку весов осторожно, не роняя его даже с небольшой высоты.
4. Нельзя взвешивать тела более тяжелые, чем указанная на весах предельная нагрузка (200 г).
5. Нельзя непосредственно на чашки весов класть мокрые, горячие, грязные тела, насыпать порошки, наливать жидкость.

### Порядок выполнения работы:

1. Придерживаясь правил взвешивания, измерьте массу болта и монеты с точностью до 0,01 г.
2. Результаты занесите в таблицу и сделайте перевод единиц измерений.

№	Название тела	$m, г$	$m, кг$
1	Болт		
2	Монета		

3. Взвесьте на весах пустой стакан:

$$m_1 = \quad г.$$

4. Налейте воду в стакан до определенной отметки.

5. Взвесьте на весах стакан с водой:

$$m_2 = \quad г.$$

6. По разности масс определите массу налитой в стакан воды:

$$m = m_2 - m_1 = \quad - \quad = \quad г = \quad кг.$$

7. Результаты занесите в таблицу и сделайте перевод единиц измерений.

Название тела	$m_1, г$	$m_2, г$	$m, г$	$m, кг$
Вода				

***Контрольные вопросы:***

1. Каковы пределы измерения массы тел с помощью лабораторных весов?

---

---

---

2. Перечислите способы определения массы.

---

---

---

3. Изменится ли масса воды в сосуде, если в него опустить гирю?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 7

## ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВА

**Цель работы:** научиться определять плотность твердого тела и жидкости с помощью весов и измерительного цилиндра.

**Оборудование:** измерительный цилиндр; весы; твердое тело; нить; разновесы; стакан с водой.

### I. Определение плотности твердого тела

#### Порядок выполнения работы:

1. Измерьте массу предлагаемого тела на весах в граммах и переведите полученный результат в килограммы.

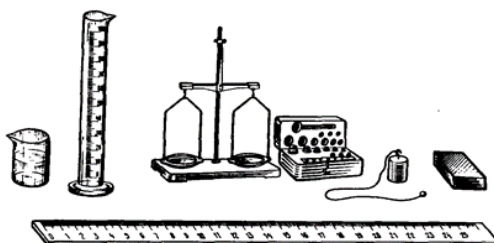


Рис.

2. Измерьте объем тела  $V$  с помощью мензурки, как разность объемов воды в мензурке до погружения исследуемого тела  $V_1$  и после погружения  $V_2$ .

$$V_1 = \quad \text{мл}, \quad V_2 = \quad \text{мл},$$
$$V = V_2 - V_1 = \quad - \quad = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

3. Рассчитайте по формуле  $\rho = m / V$  плотность вещества, из которого изготовлено тело, и выразите ее в  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$\rho = \quad / \quad = \quad \text{кг}/\text{м}^3.$$

4. Результаты занесите в таблицу.

№	$m, \text{г}$	$m, \text{кг}$	$V, \text{мл}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$

5. Проанализируйте результаты, сравнив полученное значение плотности с табличным, и определите, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

6. Вывод: тело изготовлено из \_\_\_\_\_

### II. Определение плотности жидкости

1. Определите массу чистого стакана:

$$m_1 = \quad \text{г} = \quad \text{кг}.$$

2. Налейте в мензурку некоторое количество воды и измерьте ее объем:

$$V_1 = \quad \text{мл} = \quad \text{м}^3.$$

3. Перелейте воду в стакан и повторите процесс взвешивания стакана с водой:

$$m_2 = \quad \text{г} = \quad \text{кг}.$$

4. Вычислите массу воды как разность масс стакана с водой и без нее.

$$m_в = m_2 - m_1 = \quad - \quad = \quad \text{кг}.$$

5. Заполните таблицу:

№	$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$m_в, \text{кг}$	$V, \text{мл}$	$V, \text{м}^3$	$\rho, \text{кг/м}^3$

6. Рассчитайте плотность воды и сравните ее с табличным значением.

$$\rho_{1в} = \frac{m_в}{V} = \quad = \quad \text{кг/м}^3.$$

Вывод: жидкость, используемая в опыте, – \_\_\_\_\_.

### **Контрольные вопросы:**

1. Осуществите перевод единиц измерения плотности тела в систему СИ:

$$1 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

2. Плотность вещества равна  $1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ . Что это означает?

---

---

---

3. Приведите примеры двух металлов, которые, имея одинаковые массы, значительно отличаются объемами.

---

---

---

Вывод:

---

---

---

---

---

---

---



# Лабораторная работа № 8

## ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ДИНАМОМЕТРОМ

**Цель работы:** научиться градуировать шкалу динамометра и с помощью динамометра измерять различные силы.

**Оборудование:** динамометр лабораторный; чистый лист бумаги; набор грузов массой по 100 г; деревянный брусок; каток; трибо-метр; металлическая линейка.

### Порядок выполнения работы:

1. Закройте шкалу динамометра (рис. 1) бумагой.
2. Укрепите в лапке штатива динамометр, закрытый бумагой, в вертикальном положении (рис.2).
3. Отметьте горизонтальной чертой начальное положение указателя динамометра (пружина находится в недеформированном состоянии, которое равно нулевому значению шкалы).
4. Подвесьте к динамометру груз массой 100 г. На этот груз действует сила тяжести в 1 Н. С такой силой груз растягивает пружину динамометра. Эта сила уравнивается силой упругости, возникающей в пружине при ее деформации (растяжении). Отметьте горизонтальной чертой на бумаге новое положение указателя. Это положение будет соответствовать силе в 1 Н.
5. Подвесьте к динамометру второй груз и вновь отметьте положение указателя на бумаге. Это положение указателя будет соответствовать силе в 2 Н.
6. Подвесьте к динамометру третий груз и отметьте положение указателя на бумаге. Это положение будет соответствовать силе в 3 Н.
7. С помощью линейки разделите каждый отрезок между отмеченными вами метками на десять равных частей и определите цену деления полученной вами шкалы динамометра.

Цена деления =

8. С помощью созданной вами шкалы динамометра измерьте силу тяжести, действующую на различные тела (деревянный брусок, каток).
9. Полученные результаты запишите в таблицу:

№ опыта	Название тела	Сила тяжести $F$ , Н
1.	Брусок	
2.	Каток	

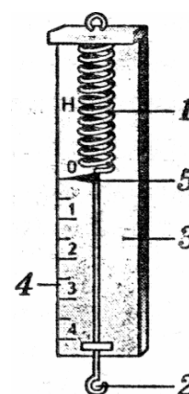


Рис. 1:

- 1 – стальная пружина,
- 2 – крючок,
- 3 – деревянная пластина,
- 4 – шкала, 5 – указатель

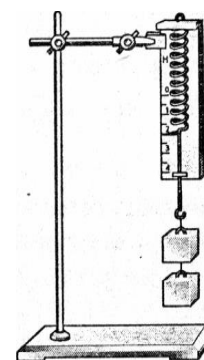


Рис. 2

***Контрольные вопросы:***

1. Как называется и определяется единица силы в Международной системе единиц измерений?

---

---

---

2. Как определить точность динамометра?

---

---

---

3. Какую силу определяют с помощью динамометра, когда к нему подвешивают тело?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 9

### ИССЛЕДОВАНИЕ УДЛИНЕНИЯ ПРУЖИНЫ ОТ СИЛЫ РАСТЯЖЕНИЯ

**Цель работы:** исследовать удлинение пружины от силы растяжения и научиться определять жесткость пружины школьного динамометра.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой; набор грузов; ученическая линейка; динамометр лабораторный.

#### Порядок выполнения работы:

1. Укрепите динамометр, как показано на рисунке.
2. Подвесьте к динамометру груз массой 100 г. Измерьте действующую на груз силу тяжести.

$$F_{\text{тяж. 1}} = \quad \text{Н.}$$

3. С помощью ученической линейки измерьте удлинение пружины динамометра:

$$|\Delta l_1| = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

4. Подвешивая к пружине динамометра грузы массой 200 г и 300 г, фиксируйте каждый раз силу тяжести и измеряйте ученической линейкой удлинение пружины:

$$F_{\text{тяж. 2}} = \quad \text{Н}, \quad |\Delta l_2| = \quad \text{см} = \quad \text{м};$$

$$F_{\text{тяж. 3}} = \quad \text{Н}, \quad |\Delta l_3| = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

5. По выведенной формуле  $F_{\text{тяж.}} = F_{\text{упр.}}$ ,  $F_{\text{упр.}} = k \cdot |\Delta l|$  рассчитайте численное значение жесткости пружины для каждого опыта:

$$k_1 = \frac{F_{\text{тяж. 1}}}{|\Delta l_1|} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Н / м}^2;$$

$$k_2 = \frac{F_{\text{тяж. 2}}}{|\Delta l_2|} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Н / м}^2;$$

$$k_3 = \frac{F_{\text{тяж. 3}}}{|\Delta l_3|} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Н / м}^2.$$

6. Результаты занесите в таблицу:

№	$m, \text{ кг}$	$F_{\text{тяж.}}, \text{ Н}$	$ \Delta l , \text{ м}$	$k, \text{ Н/м}$
1				
2				
3				
Ср.				

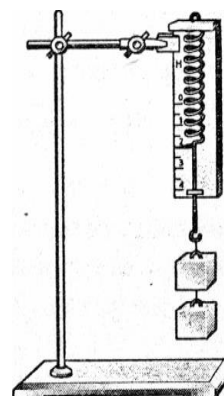


Рис.

7. По полученным результатам рассчитайте среднее значение жесткости пружины динамометра.

$$k_{cp} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = \text{-----} = \quad H / м^2 .$$

8. Сравните полученное значение с табличным значением жесткости для данного материала ( $k = 40 \text{ Н/м}$ ). Сделайте вывод. \_\_\_\_\_

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Запишите закон Гука и объясните, что означает знак « – » в законе?

---

---

2. Назовите точку приложения силы упругости.

---

---

3. Изменится ли сила упругости при растяжении пружины? Ответ поясните.

---

---

---

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 10

## ИЗУЧЕНИЕ УСЛОВИЙ РАВНОВЕСИЯ

**Цель работы:** проверить на опыте условия равновесия рычага.

**Оборудование:** рычаг на штативе, набор грузов по 100 г; динамометр лабораторный; груз большой массы, превышающей предел измерения динамометра.

### Порядок выполнения работы:

1. Уравновесьте рычаг, вращая гайки на его концах так, чтобы он расположился строго горизонтально.
2. Подвесьте к левой части рычага на расстоянии  $L_1 = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$  от его оси вращения два груза массой 100 г каждый.

$$F_1 = m_1 g = 2 \text{ Н.}$$

3. Опытным путем установите, на каком расстоянии от оси вращения справа надо подвешивать грузы, чтобы рычаг оставался в равновесии: а) один такой же груз, б) два груза, в) три груза.

4. Определите силы  $F_1$  и  $F_2$ , действующие на различные плечи рычага  $L_1$  и  $L_2$  по формулам, где  $g = 10 \text{ м/с}^2$ :

$$\text{а) } F_1 = m_1 g = \quad = \quad \text{Н,} \quad L_1 = \quad \text{см} = \quad \text{м;}$$

$$\text{б) } F_2 = m_2 g = \quad = \quad \text{Н,} \quad L_2 = \quad \text{см} = \quad \text{м;}$$

$$\text{в) } F_3 = m_3 g = \quad = \quad \text{Н,} \quad L_3 = \quad \text{см} = \quad \text{м.}$$

5. Вычислите по формуле  $\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1}$ , соотношение сил и плеч для каждого опыта.

$$\text{а) } \text{---} = \text{---};$$

$$\text{б) } \text{---} = \text{---};$$

$$\text{в) } \text{---} = \text{---}.$$

6. Результаты занесите в таблицу:

№	$F_1, \text{ Н}$	$F_2, \text{ Н}$	$L_1, \text{ м}$	$L_2, \text{ м}$	$L_2/L_1$	$F_1/F_2$
а	2		0,12			
б	2		0,12			
в	2		0,12			

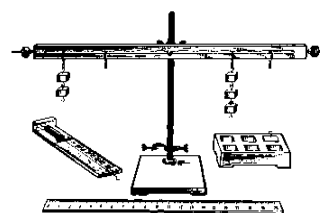


Рис.

7. Проанализируйте полученные результаты и сделайте вывод, при каком условии рычаг находится в равновесии.
8. Запишите условие равновесия рычага.

---

---

---

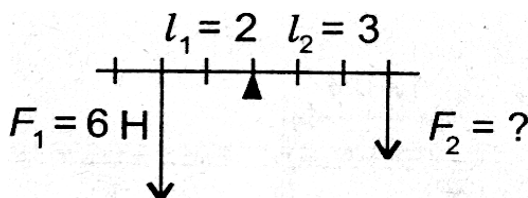
**Контрольные вопросы:**

1. Что называется плечом силы?

---

---

2. Используя правило равновесия рычага, найдите  $F_2$ .



---

---

---

---

3. Разломите спичку пополам, полученные части еще пополам и т.д. Почему маленькие кусочки спички трудно ломать?

---

---

---

**Вывод:**

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 11

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОСТОГО МЕХАНИЗМА

**Цель работы:** научиться определять КПД простого механизма.

**Оборудование:** измерительная лента; динамометр лабораторный; штатив с муфтой и лапкой; брусок; трибометр.

### Порядок выполнения работы:

1. Установите трибометр наклонно (угол наклона не более  $30^\circ$ ), как показано на рисунке.

2. Измерьте длину  $l$  и высоту  $h$  наклонной плоскости.

$$l = \quad \text{м}, \quad h = \quad \text{м}.$$

3. Динамометром измерьте силу тяжести, действующую на брусок.

$$F_1 = \quad \text{Н}.$$

4. Вычислите работу по подъему бруска на высоту  $h$  по вертикали по формуле  $A_1 = F_1 \cdot h$ :

$$A_1 = \quad = \quad \text{Дж} \quad (\text{полезная работа}).$$

5. Прикрепите к бруску динамометр. Равномерно двигая брусок, поднимите его вверх по наклонной плоскости на ту же высоту и измерьте силу тяги:

$$F_2 = \quad \text{Н}.$$

6. Вычислите работу по подъему бруска по наклонной плоскости длиной  $l$  по формуле  $A_2 = F_2 \cdot l$ , где  $A_2 > A_1$ :

$$A_2 = \quad = \quad \text{Дж} \quad (\text{полная работа}).$$

7. Вычислите КПД наклонной плоскости по формуле

$$\eta = \frac{A_1}{A_2} \cdot 100\% = \frac{F_1 h}{F_2 l} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100\% = \quad \%$$

8. Результаты занесите в таблицу.

$h, \text{ м}$	$F_1, \text{ Н}$	$A_1, \text{ Дж}$	$l, \text{ м}$	$F_2, \text{ Н}$	$A_2, \text{ Дж}$	$\eta, \%$

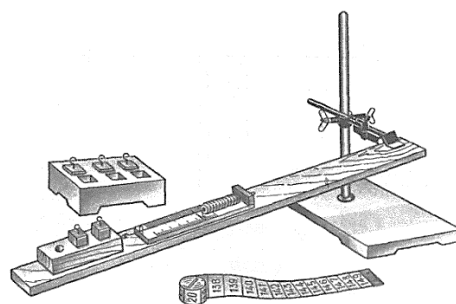


Рис.

***Контрольные вопросы:***

1. Сформулируйте золотое правило механики для простых механизмов.

---

---

---

2. Дают ли выигрыш в работе простые механизмы?

---

---

3. Почему КПД механизма не может быть 100 %?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---



## Лабораторная работа № 12

### ИЗМЕРЕНИЕ ВЕСА ТЕЛА В ВОЗДУХЕ И ВЕСА ТЕЛА, ПОЛНОСТЬЮ ПОГРУЖЕННОГО В ЖИДКОСТЬ. РАСЧЕТ СИЛЫ АРХИМЕДА

**Цель работы:** обнаружить действие выталкивающей силы на погруженное в жидкость тело; установить зависимость величины выталкивающей силы от объема погруженной в жидкость части тела.

**Оборудование:** динамометр лабораторный; стакан с водой; тело из набора калориметрических тел.

По закону Архимеда  $F_A = \rho_{жс} \cdot g \cdot V_m$  на тело, погруженное в жидкость, действует направленная вертикально вверх выталкивающая сила, равная по величине весу жидкости, взятой в объеме погруженного в нее тела или его части, где  $g$  – ускорение свободного падения,  $\rho_{жс}$  – плотность жидкости,  $V_m$  – объем тела, погруженного в жидкость.

Если какое-нибудь тело взвесить в жидкости, то его вес окажется меньше веса в воздухе.

#### Порядок выполнения работы:

1. Прикрепите к крючку динамометра калориметрическое или иное тело.
2. Отметьте и запишите в таблицу показание динамометра веса тела в воздухе:  
 $P = \quad \quad H.$
3. Плавно опускайте тело в воду и одновременно следите за показаниями динамометра.
4. Отметьте и запишите в таблицу, как изменяются показания динамометра от глубины погружения тела в воду.
5. Отметьте и запишите в таблицу показание динамометра при полном погружении тела в воду:  $P_1 = \quad \quad H.$
6. Вычислите выталкивающую силу, действующую на тело по формуле  $F_A = P - P_1$ :  
 $F_A = \quad \quad - \quad \quad = \quad \quad H.$

Жидкость	Вес тела		Выталкивающая сила $F_A = P - P_1, H$
	в воздухе $P, H$	в жидкости $P_1, H$	
Вода			

**Контрольные вопросы:**

1. Каков физический смысл архимедовой силы?

---

---

---

2. На какой из опущенных в воду стальных шаров – 1, 2, 3, изображенных на рисунке 1, действует наибольшая архимедова сила? Почему?

---

---

---

---

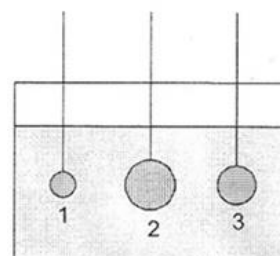


Рис. 1

3. Одинаковые ли изображенные на рисунке 2 выталкивающие силы, действующие на тела 1, 2, 3 равного объема? Почему?

---

---

---

---

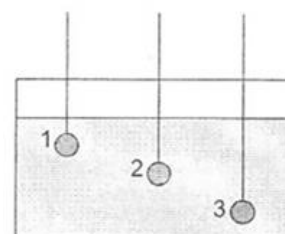


Рис. 2

*Вывод:*

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 13

### ИЗУЧЕНИЕ СИЛЫ ТРЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ СКОЛЬЖЕНИИ ДЕРЕВЯННОГО БРУСКА С ГРУЗОМ ПО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Цель работы:** исследовать зависимость силы трения скольжения от силы давления, площади и рода соприкасающихся поверхностей.

**Оборудование:** динамометр лабораторный; трибометр; брусок; набор грузов по 100 г.

Сила, возникающая при скольжении одного тела по поверхности другого, приложенная к движущемуся телу и направленная против движения, называется силой трения скольжения:  $F_{тр.} = \mu N$ , где  $\mu$  – коэффициент трения скольжения,  $N$  – сила давления (в нашем эксперименте она равна силе тяжести по третьему закону Ньютона).

Для определения силы трения скольжения нужно измерить силу тяги (при равномерном движении бруска она равна силе трения).

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке, и при равномерном движении бруска измерьте силу трения скольжения  $F_{тр.}$

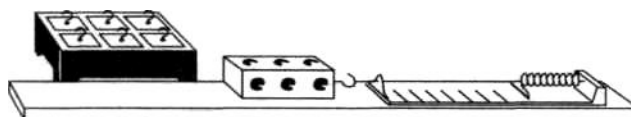


Рис.

2. Этим же динамометром измерьте силу тяжести  $F_{тяж.}$ , действующую на брусок, равную  $N$ . Подвесьте к динамометру брусок и определите его силу тяжести.
3. Нагружая брусок одним, двумя и тремя грузами, измерьте в каждом случае силу трения и силу давления (тяжести). Результаты измерений занесите в таблицу.

$F, Н$	Широкая грань бруска			Узкая грань бруска	
	1-й опыт	2-й опыт	3-й опыт	4-й опыт	5-й опыт
$F_{тр}, Н$					
$F_{тяж.} = mg,$					

4. По данным таблицы сделайте вывод о зависимости силы трения от силы давления.

---

---

---

5. Положите брусок узкой гранью на стол и повторите действия согласно пункту 3. Далее эти же действия выполните, когда брусок с грузом будет двигаться не по трибометру, а по поверхности стола.
6. Сделайте вывод о зависимости силы трения от площади и рода соприкасающихся поверхностей.

*Примечание.* Опыты по пунктам 5 и 6 следует проводить с бруском, нагруженным 3–4 грузами.

***Контрольные вопросы:***

1. Проявлением какого взаимодействия – электромагнитного или гравитационного – является сила трения?

---

---

---

2. Почему после дождя грунтовая дорога скользкая?

---

---

---

3. Приведите примеры, когда сила трения приносит пользу и когда вред.

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 14

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

**Цель работы:** определить коэффициент трения скольжения деревянного бруска по деревянной поверхности.

**Оборудование:** брусок деревянный с крючком; трибометр; динамометр лабораторный; набор грузов.

#### Порядок выполнения работы:

1. Положите деревянный брусок, как показано на рисунке, на горизонтально расположенный трибометр и, нагрузив его сначала одним грузом, потом двумя, а затем и тремя, тяните динамометр по возможности равномерно вдоль трибометра. Измерьте силу тяги, равную силе трения.



Рис.

2. Взвесьте брусок и грузы на динамометре и определите силу нормального давления  $N = F_{тяж}$ .
3. Опыт повторите три раза.
4. Рассчитайте коэффициент трения  $\mu$  как отношение силы трения к силе нормального давления по формуле  $\mu = \frac{F_{тр.}}{N}$ :

$$\mu = \frac{F_{тр.}}{N}$$

$$\mu_1 = \frac{F_{тр.1}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad ;$$

$$\mu_2 = \frac{F_{тр.2}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad ;$$

$$\mu_3 = \frac{F_{тр.3}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad .$$

5. Рассчитайте среднее значение коэффициента трения скольжения  $\mu$  по формуле

$$\mu_{ср.} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3} = \frac{\quad + \quad + \quad}{3} = \quad .$$

6. Результаты занесите в таблицу.

$N_0$	$F_{тр}, Н$	$m, кг$	$g, м/с^2$	$N, Н$	$\mu$
1			9,83		
2			9,83		
3			9,83		
Ср.			9,83		

7. Проанализировав полученный результат, сравните его с табличным значением коэффициента трения скольжения дерева по дереву  $\mu = 0,25$ .

*Вывод:*

---

---

---

---

8. Постройте график зависимости силы трения от силы нормального давления и по графику рассчитайте численное значение коэффициента трения скольжения.



$\mu =$

***Контрольные вопросы:***

1. С какой целью зимой на задних колесах некоторых грузовых автомобилей используют цепи?

---

---

---

2. Как изменится коэффициент трения, если между трущимися поверхностями нанести смазку?

---

---

---

3. Объясните, почему при пробуксовке колес тепловоза или автомобиля сила тяги значительно падает?

---

---

---

# Лабораторная работа № 15

## ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ МАЯТНИКА

**Цель работы:** научиться определять период колебаний математического маятника.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой; шарик с длинной невесомой нитью; часы с секундной стрелкой (секундомер).

### Порядок выполнения работы:

1. Установите на краю стола штатив.
2. Закрепите нить маятника в лапке штатива так, чтобы длина маятника была 25 см
3. Отклоните шарик от положения равновесия на 3–5 см и отпустите, как показано на рисунке.
4. Измерьте промежуток времени  $t$ , за которое маятник совершит 10 полных колебаний  $N$ .
5. Рассчитайте время одного полного колебания

по формуле  $T = \frac{t}{N} = \quad = \quad \text{с.}$

6. Увеличьте в 4 раза длину нити маятника, сделав ее равной 100 см.
7. Вновь отклоните шарик от положения равновесия на 3–5 см и отпустив, определите время 10 полных колебаний.

8. Рассчитайте время одного полного колебания маятника по формуле  $T = \frac{t}{N}$

$T = \text{---} = \quad = \quad \text{с.}$

9. Результаты измерений запишите в таблицу.

№	$l, \text{ см}$	$N$	$t, \text{ с}$	$T, \text{ с}$
1				
2				

10. Сравните значения периодов колебаний маятников в первом и втором опытах. Во сколько раз изменился период колебаний маятника? Сделайте вывод. \_\_\_\_\_

11. На основании полученных данных проверьте справедливость утверждения, что период колебаний математического маятника  $T \sim \sqrt{l}$ .  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

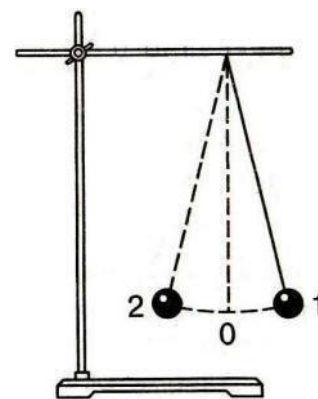


Рис.



12. Рассчитайте период колебаний математического маятника по формуле

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ , если  $l_1 = 25$  см и  $l_2 = 100$  см, ускорение свободного падения считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>:

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l_1}{g}} = \quad = \quad \text{с.}$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l_2}{g}} = \quad = \quad \text{с.}$$

13. Сравните результаты, полученные при расчете периодов двумя способами. Сделайте вывод:

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Какие величины характеризуют колебательное движение?

---

---

---

2. Дайте определение понятию «математический маятника»

---

---

---

3. Зависит ли период колебаний математического маятника от массы шарика?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 16

### ЗАВИСИМОСТЬ ПЕРИОДА КОЛЕБАНИЙ ПРУЖИННОГО МАЯТНИКА ОТ МАССЫ ГРУЗА

**Цель работы:** экспериментально проверить предположение о том, что при увеличении массы пружинного маятника в 4 раза его период увеличивается в 2 раза.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой; динамометр лабораторный; набор грузов по 100 г; секундомер.

#### Порядок выполнения работы:

1. Укрепите лабораторный динамометр, как показано на рисунке.
2. Подвесьте к нему груз массой 100 г, зафиксируйте время 10 полных колебаний.

3. Определите период колебаний по формуле  $T = \frac{t}{N}$ :

$$T = \quad = \quad \text{с.}$$

4. Подвешивая к динамометру грузы массой 200 г, 300 г и 400 г, фиксируйте каждый раз время 5–10 полных колебаний.

5. Определите период колебаний по формуле  $T = \frac{t}{N}$ :

$$T_1 = \frac{t_1}{N_1} = \quad = \quad \text{с};$$

$$T_2 = \frac{t_2}{N_2} = \quad = \quad \text{с};$$

$$T_3 = \frac{t_3}{N_3} = \quad = \quad \text{с.}$$

6. Запишите полученные данные в таблицу:

$m, \text{ кг}$	$t, \text{ с}$	$N$	$T, \text{ с}$	$k, \text{ Н/м}$
0,1				40
0,2				40
0,3				40
0,4				40

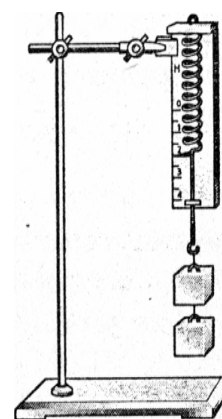


Рис.

7. Сравните периоды колебаний маятников  $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$  и  $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{4m}{k}}$ .
8. Является ли верным предположение, что после преобразований отношение периодов равно 2.

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{2\pi\sqrt{\frac{4m}{k}}}{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}} = \sqrt{\frac{4mk}{mk}} = \sqrt{4} = 2.$$

*Вывод:*

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Будут ли возможны колебания шарика, закрепленного на пружине, если вся система придет в состояние невесомости?

---

---

---

2. Какая из величин, характеризующих движение пружинного маятника, является векторной: амплитуда, частота, скорость, кинетическая энергия.

---

---

---

---

3. Максимально или минимально ускорение в те моменты, когда скорость колеблющегося на пружине маятника равна 0?

---

---

---

# Лабораторная работа № 17

## ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВЕЩЕСТВА

**Цель работы:** научиться пользоваться термометром и измерять температуру вещества.

**Оборудование:** сосуды с горячей водой и льдом; мерный стакан; термометр; секундомер (часы с секундной стрелкой).

### Правила работы с термометром:

- для уменьшения погрешности измерений располагайте термометр на уровне глаз;
- помещайте термометр непосредственно в вещество;
- снимайте показания термометра, только когда установится тепловое равновесие между термометром и окружающей его средой.

### Порядок выполнения работы:

1. Определите цену деления термометра.

Цена деления =  $\quad$  °C.

2. Определите с помощью термометра температуру в классной комнате.

$t^{\circ}_1 \text{ воздуха} = \quad$  °C.

3. Налейте в стакан горячую воду массой 100 г.

4. Поместите термометр в воду (рис. 1) и определите начальную температуру горячей воды:

$t^{\circ}_2 \text{ воды} = \quad$  °C.

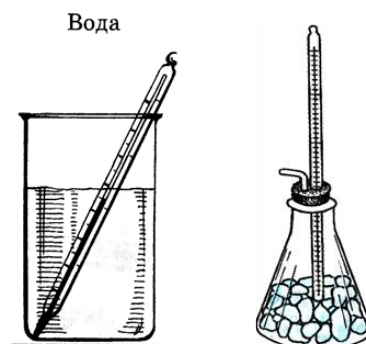


Рис. 1

Рис. 2

5. Положите в колбу 100 г льда (рис. 2) и с помощью термометра измерьте его начальную температуру.

$t^{\circ}_3 \text{ льда} = \quad$  °C.

6. Оставьте термометры в сосудах и наблюдайте за охлаждением и нагреванием воды.

7. Заполните таблицу.

Время	$\tau$ , мин										
Температура	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_1$ , °C	23										
$t_2$ , °C											
$t_3$ , °C											

8. Выполните построение графика зависимости температуры плавления льда от времени.



9. Отметьте цветными карандашами отдельно участки, соответствующие плавлению льда, нагреву и кипению воды.
10. Сделайте вывод

---



---



---

**Контрольные вопросы:**

1. Определите цену деления шкалы каждого термометра, изображенного на рисунке 3.
- А) Цена деления =
- Б) Цена деления =
- В) Цена деления =
- Г) Цена деления =
- Д) Цена деления =

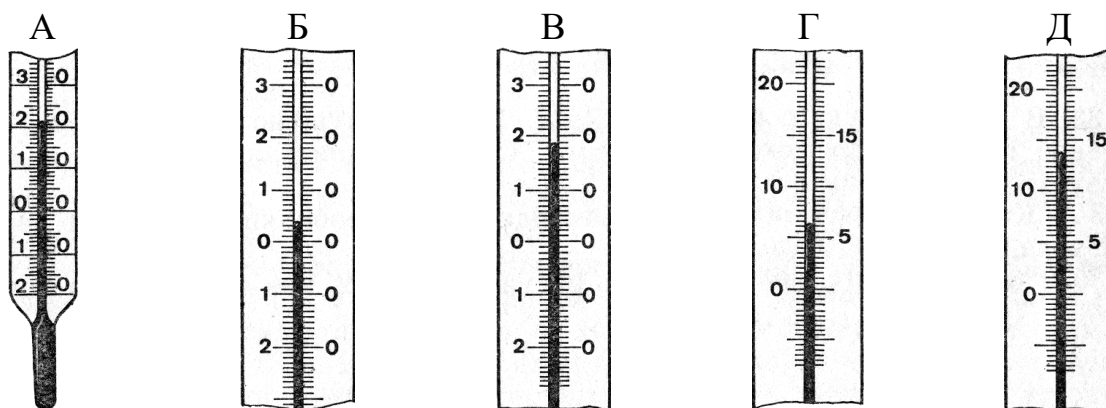


Рис. 3

2. Какую максимальную и минимальную температуру можно измерить термометрами, изображенными на рисунке 3.

*Максимальная*

*Минимальная*

А) _____	А) _____
Б) _____	Б) _____
В) _____	В) _____
Г) _____	Г) _____
Д) _____	Д) _____

3. Какую температуру показывает каждый термометр, изображенный на рисунке 3?

- А)  $t =$  °C  
Б)  $t =$  °C  
В)  $t =$  °C  
Г)  $t =$  °C  
Д)  $t =$  °C

## Лабораторная работа № 18

### ИЗМЕРЕНИЕ РАЗНОСТИ ТЕМПЕРАТУР СУХОГО И ВЛАЖНОГО ТЕРМОМЕТРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

**Цель работы:** определить относительную влажность воздуха.

**Оборудование:** термометр; стакан с водой комнатной температуры; таблица психрометрическая.

Для предсказания погоды, атмосферных явлений необходимо следить за изменением температуры, давления и влажности воздуха. Температуру измеряют жидкостным термометром. Для снятия показаний нужно установить глаз на уровне столбика жидкости в капилляре термометра.

Величина, характеризующая влажность воздуха, называется относительной влажностью. Ее измеряют с помощью гигрометра или психрометра.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Измерьте термометром температуру воздуха в помещении и воды в стакане. Убедитесь в их равенстве.

$$t_{\text{сух.}} = \quad \text{°C.}$$

2. Оберните резервуар термометра кусочком увлажненной ваты или марли и держите некоторое время «влажный» термометр в воздухе. Как только понижение температуры прекратится, запишите показание термометра.

$$t_{\text{влаж.}} = \quad \text{°C.}$$

3. Определите разность температур «сухого» и «влажного» термометров.

$$\Delta t = t_{\text{сух.}} - t_{\text{влаж.}} = \quad - \quad = \quad \text{°C.}$$

4. С помощью психрометрической таблицы определите относительную влажность воздуха в помещении.

$$\varphi = \quad \%$$

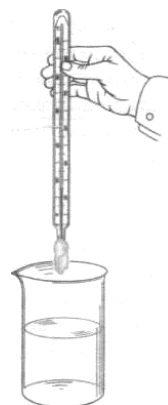


Рис.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Как изменяется абсолютная и относительная влажность воздуха при его нагревании?

---

---

---

---

---

2. Оба термометра в психрометре Августа показывают одинаковую температуру. Какова относительная влажность воздуха?

---

---

---

---

3. Когда скорее сохнет белье: в морозную погоду или в оттепель? Почему?

---

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

---



## Лабораторная работа № 19

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОСТЫВАЮЩЕЙ ВОДЫ СО ВРЕМЕНЕМ

**Цель работы:** исследовать изменение температуры остывающей воды со временем.

**Оборудование:** сосуд с горячей водой; стакан; термометр лабораторный; часы.

#### Правила работы с термометром:

- для уменьшения погрешности измерений располагайте термометр на уровне глаз;
- помещайте термометр непосредственно в вещество;
- снимайте показания термометра, только когда установится тепловое равновесие между термометром и окружающей его средой.

#### Порядок выполнения работы:

- Определите цену деления лабораторного термометра.  
*Цена деления* =            °С.
- Налейте в стакан горячую воду массой 100–200 г.
- Поместите термометр в воду и каждую минуту снимайте показания термометра.
- Результаты запишите в таблицу.

<i>Время, с</i>	<i>1 мин.</i>	<i>2 мин.</i>	<i>3 мин.</i>	<i>4 мин.</i>	<i>5 мин.</i>	<i>6 мин.</i>
Температура воды, °С						
Масса воды, г						

- Сравните изменения температуры воды за первую и последнюю минуту остывания.
- Сделайте вывод:

---

---

---

---

- По полученным результатам постройте график (рис.) зависимости изменения температуры воды от времени (самостоятельно обозначьте оси координат и задайте масштаб).



Рис.

**Контрольные вопросы:**

1. Как связана температура воды со скоростью движения молекул?

---

---

2. Быстрее остынет вода в чашке или блюде? Ответ поясните.

---

---

---

3. В каком рассоле, горячем или холодном, быстрее просаливаются огурцы? Почему?

---

---

---

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 20

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОЕМКОСТИ ВЕЩЕСТВА

**Цель работы:** научиться измерять удельную теплоемкость вещества.

**Оборудование:** мерный стакан; стакан с холодной водой; калориметр; термометр; мерный стакан с горячей водой; металлический цилиндр из набора калориметрических тел на нити известной массы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Налейте в мерный стакан воду массой 100 г комнатной температуры и измерьте ее температуру:  
 $t_1 = \quad \quad \quad ^\circ\text{C}$ .
2. Налейте в сосуд от калориметра горячую воду и опустите туда металлический цилиндр.
3. Нагревайте металлический цилиндр в сосуде с горячей водой в течение 1 минуты.
4. Измерьте температуру горячей воды, в которой находится цилиндр, и считайте ее начальной температурой цилиндра:  
 $t_2 = \quad \quad \quad ^\circ\text{C}$ .
5. Опустите нагретый цилиндр в мерный стакан с холодной водой комнатной температуры.
6. Подождите, пока установится тепловое равновесие между горячим цилиндром и холодной водой.
7. Измерьте температуру нагретой от цилиндра воды:  
 $t = \quad \quad \quad ^\circ\text{C}$ .
8. Результаты измерений запишите в таблицу:

$m_{\text{воды}}, \text{ кг}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$m_{\text{цил.}}, \text{ кг}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$
0,1				

9. Количество теплоты, полученное водой при нагревании, определяется по формуле:

$$Q_1 = c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{воды}} \cdot (t - t_1).$$

10. Количество теплоты, отданное воде цилиндром при охлаждении, определяется по формуле:

$$Q_2 = c_{\text{цил.}} \cdot m_{\text{цил.}} \cdot (t_2 - t).$$

11. Так как  $Q_1 = Q_2$ , то  $c_{\text{воды}} \cdot m_{\text{воды}} \cdot (t - t_1) = c_{\text{цил.}} \cdot m_{\text{цил.}} \cdot (t_2 - t)$ ,

$$c_{\text{цил.}} = \frac{c_{\text{воды}} \cdot m \cdot (t - t_1)}{m_{\text{цил.}} \cdot (t_2 - t)} = \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}.$$

12. Сравните полученный результат с табличным значением удельной теплоемкости цилиндра (считать удельную теплоемкость воды  $c_{\text{воды}}$  равной  $4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ ).

*Примечание.* Удельная теплоемкость стали  $c_{\text{стали}} = 460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , удельная

теплоемкость меди  $c_{\text{меди}} = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , удельная теплоемкость алюминия

$c_{\text{алюминия}} = 980 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ .

### ***Контрольные вопросы:***

1. Что показывает удельная теплоемкость вещества?

---

---

---

2. Удельная теплоемкость алюминия  $720 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ , что это означает?

---

---

---

3. Одинакова ли удельная теплоемкость веществ, находящихся в различных агрегатных состояниях?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 21

### ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ ОТ ПЛОЩАДИ ПОВЕРХНОСТИ И РОДА ЖИДКОСТИ

**Цель работы:** выяснить, как зависит скорость испарения жидкости от площади свободной поверхности и рода жидкости.

**Оборудование:** пипетка; салфетка; полиэтиленовая пленка; пузырьки с водой и спиртом.

Испарение – это парообразование, происходящее с поверхности жидкости. Молекулы жидкости при одной и той же температуре движутся с разной скоростью. Если достаточно «быстрая» молекула окажется у поверхности жидкости, то она может преодолеть притяжение соседних молекул и вылететь из жидкости. Вылетевшие с поверхности жидкости молекулы образуют пар и одновременно с испарением переходят в жидкость.

Скорость испарения жидкости зависит от рода жидкости, площади ее поверхности, температуры, от движения воздушных масс (ветра) над поверхностью жидкости.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. С помощью пипетки оставьте одинаковые капли воды на полиэтиленовой пленке и салфетке.
2. Проследите за процессом испарения и объясните, почему капля воды на салфетке высыхает быстрее, чем на полиэтиленовой пленке.

**Вывод:**

---

---

---

---

---

3. С помощью пипетки оставьте одинаковые капли воды и спирта (эфира) на салфетке.
4. Проследите за испарением капель и объясните, почему капля спирта высыхает быстрее, чем капля воды.

**Вывод:**

---

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Прочитайте предложение: *При испарении образование пара происходит \_\_\_\_\_, а при кипении \_\_\_\_\_ жидкости.*

Выберите правильные варианты и вставьте их в места пропуска.

- а) внутри; на поверхности;*  
*б) на поверхности; внутри;*  
*в) на поверхности; внутри и на поверхности;*  
*г) никакой разницы нет.*
2. Нагреется ли до более высокой температуры вода, если она будет дольше кипеть?

---

---

---

3. Почему очень медленно сохнет белье, если оно не развешано?

---

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 22

### СБОРКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ И ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА НА ЕЕ РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ

**Цель работы:** научиться собирать электрические цепи по имеющейся схеме или нарисованной самостоятельно по рисунку; научиться пользоваться амперметром для измерения силы тока.

**Оборудование:** источник питания на 4 В; две низковольтных лампочки (4,8 В – 6,3 В); два амперметра; соединительные провода; ключ.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите цепь по рисунку 1 и начертите схему.

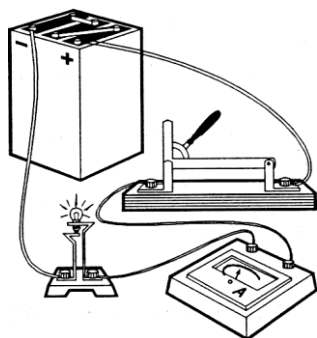
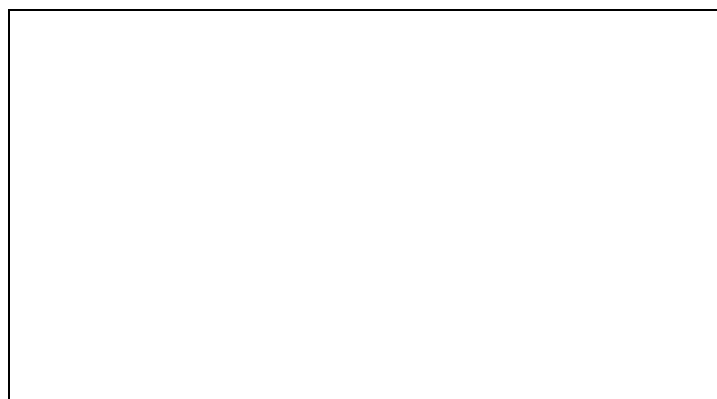


Рис. 1



2. Подайте напряжение не более 4 В от источника питания и запишите показания амперметра  $I_1 = \quad A$ .
3. Соберите цепь по рисунку 2 и начертите схему.

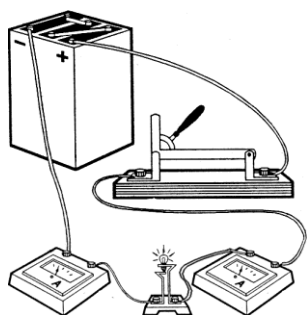


Рис. 2



4. Подайте напряжение не более 4 В от источника питания и запишите показания амперметра  $I_2 = \quad A$ .

5. Соберите цепь по рисунку 3 и начертите схему.

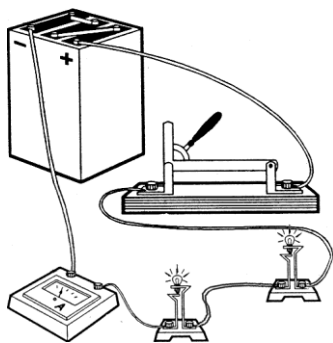
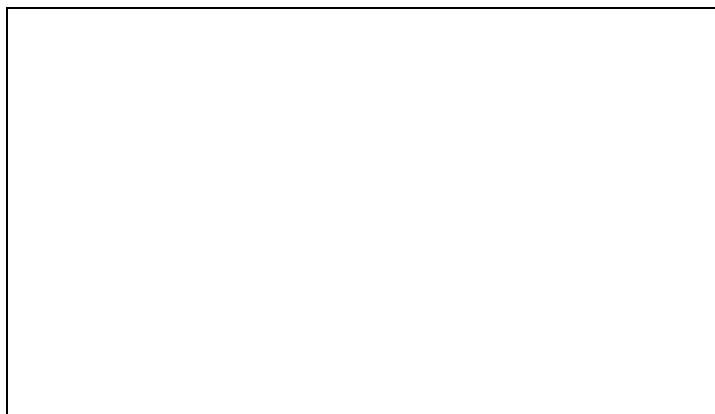


Рис. 3



6. Подайте напряжение не более 4 В от источника питания и запишите показания амперметра  $I_3 =$       А.

7. Сравните показания амперметра в каждом случае и сделайте вывод:

---

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Каково назначение источника в электрической цепи.

---

---

---

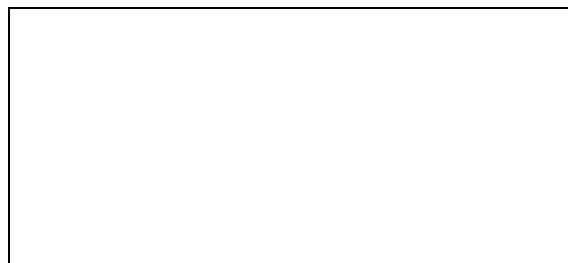
2. Каковы правила подключения амперметра в цепь?

---

---

---

3. Придумайте схему подключения источника к лампочке, чтобы можно было включать ее из двух различных мест, имея в распоряжении два ключа.



**Вывод:**

---

---

---

---



## Лабораторная работа № 23

### ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ЦЕПИ

**Цель работы:** научиться собирать электрические цепи постоянного тока по схемам и пользоваться вольтметром для измерения напряжения на различных участках цепи.

**Оборудование:** источник питания на 4 В; две низковольтных лампочки (4,8 В – 6,3 В); вольтметр; ключ; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме (рис. 1):

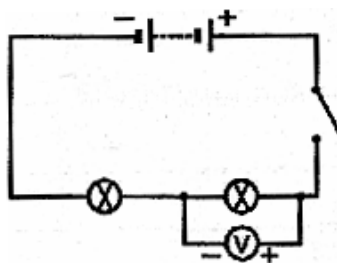


Рис. 1

2. Запишите показания вольтметра  $U_1 =$       В.  
3. Соберите электрическую цепь по схеме (рис. 2):

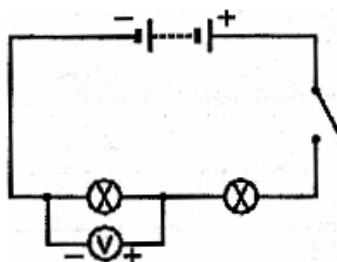


Рис. 2

4. Запишите показания вольтметра  $U_2 =$       В.  
5. Соберите электрическую цепь по схеме (рис. 3):

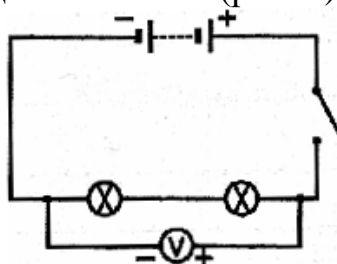


Рис. 3

6. Запишите показания вольтметра  $U = \quad V$ .
7. Вычислите суммарное напряжение:  $U_1 + U_1 = \quad + \quad = \quad V$ .
8. Сравните полученную величину с показанием вольтметра на рисунке 3  
 $U = \quad V$ .
9. Вывод:

---



---



---



---

**Контрольные вопросы:**

1. Электрическое напряжение – это \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Выполните перевод единиц для измерения электрического напряжения:  
 $1 \text{ кВ} = \quad V$                        $1 \text{ мВ} = \quad V$   
 $0,5 \text{ кВ} = \quad V$                        $100 \text{ мВ} = \quad V$
3. Каковы правила подключения вольтметра на участке цепи для измерения напряжения?

---



---



---

*Вывод:*

---



---



---



---



---



---



---

## Лабораторная работа № 24

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ ТОКА В ПРОВОДНИКЕ ОТ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЕГО КОНЦАХ

**Цель работы:** исследовать, от чего зависит сила тока в проводнике.

**Оборудование:** источник питания на 4 В; исследуемый проводник (резистор сопротивлением 1 Ом и 2 Ом); амперметр; вольтметр; ключ; реостат на 6 Ом.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке, взяв в качестве исследуемого проводника резистор на 1 Ом.

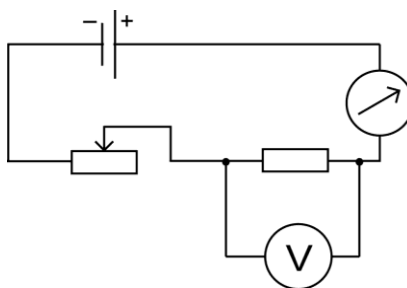


Рис.

2. Замкните ключ и с помощью реостата установите в цепи силу тока 2 А (в этом случае и через исследуемый проводник протекает ток  $I_1 = 2$  А, так как соединение последовательное).
3. С помощью вольтметра измерьте напряжение на концах исследуемого проводника:  $U_1 =$       В.
4. Измените с помощью реостата силу тока в цепи, чтобы через исследуемый проводник протекал ток  $I_2 = 1$  А.
5. С помощью вольтметра измерьте напряжение на концах исследуемого проводника  $U_2 =$       В. Разомкните ключ.
6. Результаты измерений запишите в таблицу:

№ опыта	$I, A$	$U, B$	$R, Ом$
1	2		1
2	1		1

7. На основании полученных результатов впишите слова в следующее утверждение: Если сопротивление проводника не изменяется ( $R =$       ), то чем больше сила тока в проводнике, тем \_\_\_\_\_ напряжение на его концах, то есть сила тока в проводнике и напряжение на его концах \_\_\_\_\_ пропорциональны друг другу \_\_\_\_\_.

8. На основании полученных результатов впишите недостающие слова в формулировку закона Ома: *Сила тока на участке цепи \_\_\_\_\_ напряжению на его концах и \_\_\_\_\_ сопротивлению данного участка.*

9. Напишите математическое выражение закона Ома:

$$I =$$

10. Постройте график зависимости силы тока на участке цепи от напряжения на его концах при условии, что  $R = 5 \text{ Ом}$  (самостоятельно обозначьте оси координат и задайте масштаб).



**Контрольные вопросы:**

1. Назовите условия, необходимые для существования электрического тока в проводнике?

---

---

2. От чего зависит сила тока в исследуемом проводнике?

---

---

---

3. От чего зависит сопротивление проводника?

---

---

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 25

### ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ ТОКА И НАПРЯЖЕНИЯ НА РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ЦЕПИ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ СОЕДИНЕНИИ ПРОВОДНИКОВ

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

**Оборудование:** источник питания на 4 В; амперметр; вольтметр; проволочные резисторы сопротивлением 1 Ом, 2 Ом и 4 Ом; ключ; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, изображенную на рисунке 1.

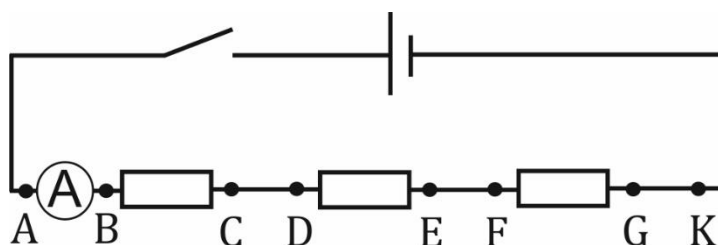


Рис. 1

2. Измерьте силу тока  $I$  в цепи, по очереди подключая амперметр к точкам АВ ( $I_1$ ), CD ( $I_2$ ), EF ( $I_3$ ) и GK ( $I$ ).
3. Сравните силу тока  $I$  с силой тока, протекающей через каждый резистор  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$  и сделайте вывод о равенстве токов в цепи:  
 $I = I_1 = I_2 = I_3 = \quad = \quad = \quad A.$
4. Измерьте напряжение  $U$  на участке цепи, по очереди подключая вольтметр (рис. 2) к точкам BC ( $U_1$ ), DE ( $U_2$ ), FG ( $U_3$ ) и AG ( $U$ ).

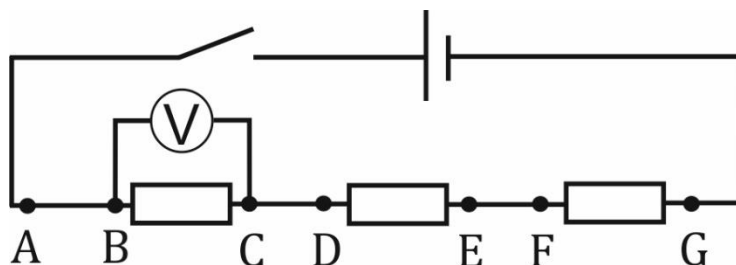


Рис. 2

5. Сравните напряжение  $U$  с суммой напряжений  $U_1 + U_2 + U_3$  и убедитесь в справедливости формулы:  
 $U = U_1 + U_2 + U_3 = \quad + \quad + \quad = \quad B.$
6. Вычислите сопротивление всего участка цепи по формуле  $R = U / I$ :  
 $R = \quad / \quad = \quad Ом.$

7. Вычислите сопротивления каждого участка цепи:

$$R_1 = U_1 / I_1 = \quad / \quad = \quad \text{Ом};$$

$$R_2 = U_2 / I_2 = \quad / \quad = \quad \text{Ом};$$

$$R_3 = U_3 / I_3 = \quad / \quad = \quad \text{Ом}.$$

8. Сравните сопротивление всего участка цепи  $R$  с суммой сопротивлений двух последовательно соединенных резисторов  $R_1 + R_2 + R_3$  и убедитесь в справедливости формулы:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \quad + \quad + \quad = \quad \text{Ом}.$$

Сравните напряжение  $U$  с суммой напряжений  $U_1 + U_2$  и убедитесь в справедливости формулы:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = \quad + \quad + \quad = \quad \text{В}.$$

9. Сравните силу тока  $I$  с силой тока на каждом из резисторов  $I_1$  и  $I_2$  и сделайте вывод о равенстве токов:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \quad = \quad = \quad \text{А}.$$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

$U_1, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$U_3, \text{В}$	$U, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$I_2, \text{А}$	$I_3, \text{А}$	$R_1, \text{Ом}$	$R_2, \text{Ом}$	$R_3, \text{Ом}$	$R, \text{Ом}$

11. Проанализировав результат, сделайте *вывод* о выполнимости законов тока, напряжения и сопротивления при последовательном соединении.

---

---

### **Контрольные вопросы:**

1. Что произойдет с накалом нити лампы, если по ошибке включить вольтметр вместо амперметра при измерении силы тока в лампе?

---

---

---

2. Объясните, что произойдет с величиной тока в цепи, если по ошибке включить амперметр вместо вольтметра при измерении напряжения в горящей лампочке?

---

---

---

3. Почему последовательная цепь сопротивлений называется делителем напряжений?

---

---

## Лабораторная работа № 26

### ИЗМЕРЕНИЕ РАБОТЫ И МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

**Цель работы:** научиться определять мощность и работу тока, пользуясь амперметром, вольтметром и часами.

**Оборудование:** источник питания на 4 В; низковольтная лампа на подставке (4,8 В – 6,3 В); амперметр; вольтметр; ключ; часы с секундной стрелкой; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

1. Начертите схему по рисунку 1.

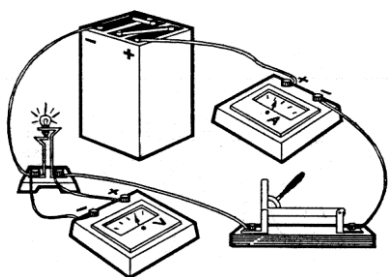
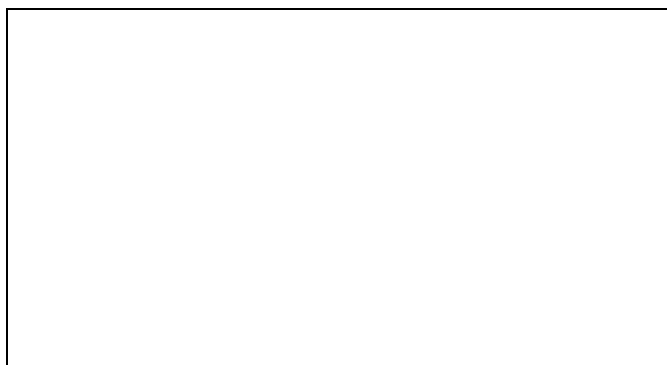


Рис. 1



2. Соберите электрическую цепь по составленной схеме.
3. Установите на источнике напряжение 4 В.
4. Замкните ключ.
5. Снимите показания вольтметра и амперметра:  
 $I = \quad A, \quad U = \quad B.$
6. Вычислите мощность электрического тока в лампе по формуле  $P = IU$ :  
 $P = \quad = \quad Вт.$
7. Вычислите работу электрического тока в низковольтной лампочке за 1 минуту по формуле  $A = IUt$ :  
 $A = \quad = \quad Дж.$
8. Результаты запишите в таблицу:

$I, A$	$U, B$	$t, c$	$P, Вт$	$A, Дж$

9. Проверьте, совпадает ли рассчитанное значение мощности с обозначенным на лампочке. Если значения не совпадают, объясните причину.

---

---

10. Определите по рисункам 2 и 3 сопротивления ламп (запишите формулы).

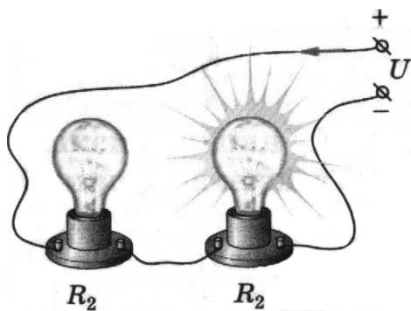


Рис. 2

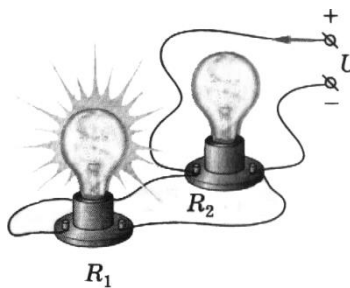


Рис. 3

11. Ответ объясните.

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Переведите 1 кал = \_\_\_\_\_ Дж.
2. Переведите 1 кВт·ч = \_\_\_\_\_ Дж.
3. Как изменится мощность электрического тока при увеличении времени в 2 раза?

---

---

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

---



## Лабораторная работа № 27

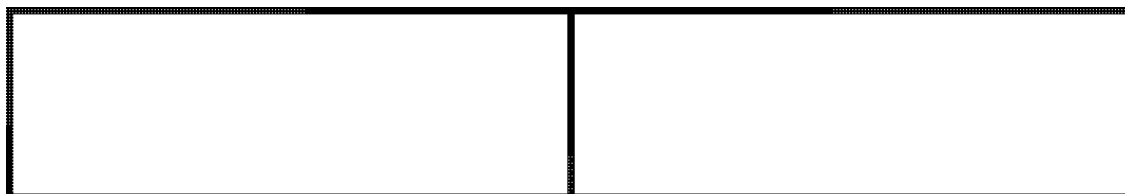
### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЮСА НЕМАРКИРОВАННОГО МАГНИТА

*Цель работы:* научиться определять полюса немаркированного магнита различными способами.

*Оборудование:* постоянные магниты (два полосовых, один из которых немаркированный; один дугообразный немаркированный); магнитная стрелка; лист бумаги; металлические опилки в специальном флаконе.

#### *Порядок выполнения работы:*

1. Расположите на горизонтальной поверхности полосовой немаркированный магнит.
2. Поднесите к одному из его полюсов магнит, маркированный южным полюсом, и по взаимодействию магнитов определите полюс немаркированного магнита.
3. Проверьте полученный вами результат, поднося к исследуемому магниту маркированный магнит северным полюсом.
4. Расположите на горизонтальной поверхности дугообразный немаркированный магнит.
5. Между полюсами дугообразного магнита установите магнитную стрелку от компаса и по расположению магнитной стрелки определите полюса дугообразного магнита.
6. Сделайте вывод: \_\_\_\_\_
7. Положите полосовой немаркированный магнит на горизонтальную поверхность, а сверху на него лист бумаги.
8. Насыпьте на лист бумаги тонким ровным слоем металлические опилки, равномерно распределяя их по всей площади листа.
9. Зарисуйте расположение опилок на рисунке.



10. Заметьте, где опилки располагаются гуще всего. Объясните, почему.

---

---

11. Поместите в точку  $A$  магнитную стрелку и по ее расположению определите направление силовых линий полосового магнита.

---

---

12. *Вывод:*

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Как называются части магнита, где его действие оказывается наиболее сильным?

---

---

---

2. Приведите примеры бытовых устройств, в которых используются постоянные магниты.

---

---

---

3. Имеет ли наша планета Земля магнитные полюса. И если имеет, то где они находятся. Ответ объясните.

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 28

### НАБЛЮДЕНИЕ МАГНИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

**Цель работы:** идентифицировать магнитное поле катушки с током и изучить его действие на магнитную стрелку в зависимости от силы и направления тока.

**Оборудование:** источник питания на 4 В; амперметр; реостат; ключ; компас; катушка с железным сердечником от разборного электромагнита; провода соединительные.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, как показано на рисунке.

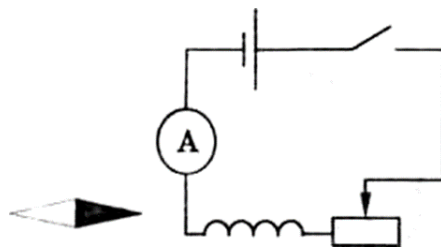


Рис.

2. Замкните цепь ключом и с помощью компаса определите магнитные полюсы у катушки от разборного электромагнита.
3. Отодвиньте компас вдоль оси катушки на такое расстояние, на котором действие магнитного поля катушки на стрелку компаса незначительно.
4. Вставьте железный сердечник в катушку и наблюдайте действие электромагнита на стрелку.
5. Сделайте вывод:

---

---

6. Изменяйте с помощью реостата силу тока в цепи и наблюдайте действие магнитного поля катушки на стрелку.
7. Сделайте вывод:

---

---

8. Измените направление тока в цепи путем переключения источника и проследите за поведением магнитной стрелки.
9. Сделайте вывод:

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Где расположено магнитное поле Земли?

---

---

2. На каком явлении основано действие компаса?

---

---

3. Чем объясняется, что магнитная стрелка устанавливается в определенном направлении в данном месте Земли?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 29

### ИЗУЧЕНИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ

**Цель работы:** исследовать экспериментально явления электромагнитной индукции.

**Оборудование:** катушка от разборного электромагнита или от трансформатора; постоянный магнит; миллиамперметр; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соедините выводы катушки от разборного электромагнита или трансформатора с миллиамперметром.
2. Медленно внесите постоянный магнит северным полюсом в катушку, как показано на рисунке, а затем извлеките его.

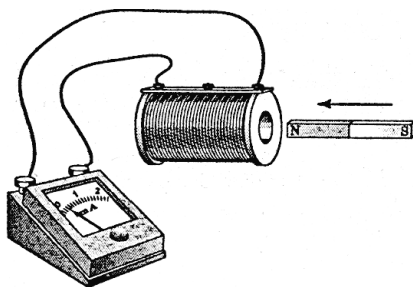


Рис.

3. Пронаблюдайте, что происходит со стрелкой миллиамперметра в обоих случаях.

*Непосредственно при внесении магнита* \_\_\_\_\_.

*Непосредственно при вынесении магнита* \_\_\_\_\_.

4. Медленно внесите постоянный магнит южным полюсом в катушку, как показано на рисунке, а затем удалите его.

5. Пронаблюдайте, что происходит со стрелкой миллиамперметра в обоих случаях.

*Непосредственно при внесении магнита* \_\_\_\_\_.

*Непосредственно при вынесении магнита* \_\_\_\_\_.

6. Исследуйте, зависит ли сила индукционного тока в катушке от скорости движения магнита. Для этого повторите опыт, но при большей скорости движения магнита, чем в первом случае. Объясните.

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. В чем заключается явление электромагнитной индукции?

---

---

---

---

2. Кто открыл явление электромагнитной индукции и почему явление относится к ряду величайших?

---

---

---

3. Можно ли создать ток в замкнутом проводнике, не имея источника тока?

---

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 30

### ИЗМЕРЕНИЕ ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ И РАСЧЕТ ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

**Цель работы:** получить изображение при помощи собирающей линзы, определить ее фокусное расстояние и оптическую силу.

**Оборудование:** собирающая линза; матовый экран; линейка с миллиметровыми делениями; низковольтная лампочка на подставке; источник питания на 4 В.

Если на выпуклую (собирающую) линзу, находящуюся в воздухе, направить пучок света параллельно главной оптической оси, то пучок соберется в точке  $F$  – главном фокусе линзы.

Расстояние от оптического центра  $O$  до главного фокуса линзы называют фокусным расстоянием линзы. Необходимо измерить это расстояние и рассчитать оптическую силу по формуле  $D = 1/F$ .

#### Порядок выполнения работы:

1. Установите собирающую линзу на некотором расстоянии от низковольтной лампочки на подставке, а за ней расположите экран из матового стекла.
2. Перемещая экран, добейтесь четкого изображения лампочки на экране. (Оно лежит в плоскости, проходящей через фокус  $F$  (см. рис.) перпендикулярно главной оптической оси.)

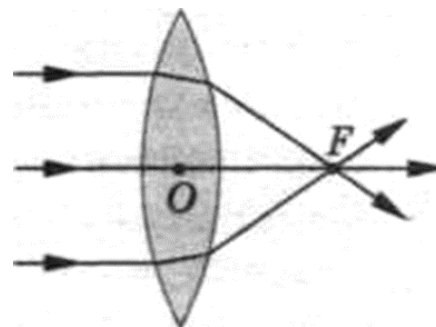


Рис.

3. Измерьте с помощью линейки кратчайшее расстояние между линзой и экраном и рассчитайте фокусное расстояние собирающей линзы:

$$F = \quad \text{см} = \quad \text{м}.$$

4. По формуле  $D = \frac{1}{F}$  рассчитайте оптическую силу линзы, где  $F$  – фокусное расстояние линзы, выраженное в метрах.

$$D = \frac{1}{\quad} = \quad \text{дптр}.$$

#### Контрольные вопросы:

1. Каково свойство выпуклых линз?

---

---

---

2. Каково свойство вогнутых линз?

---

---

3. Как по внешнему виду отличить собирающую линзу от рассеивающей?

---

---

*Вывод:*

---

---

---

---

---

---



# Лабораторная работа № 31

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ

**Цель работы:** научиться получать различные изображения при помощи собирающей линзы.

**Оборудование:** собирающая линза; экран; низковольтная лампочка на подставке; источник питания на 4 В; измерительная лента.

### Порядок выполнения работы:

1. При помощи линзы получите изображение низковольтной лампочки на экране.
2. Измерьте расстояние от линзы до изображения лампочки на экране – приблизительно это будет фокусное расстояние от линзы до изображения лампочки на экране:  
 $F =$             см.
3. Последовательно располагайте лампочку на различных расстояниях  $d$  от линзы:  
а)  $d < F$ , б)  $F < d < 2F$ , в)  $d = 2F$ .
4. Запишите в таблицу, каким будет изображение в каждом из указанных случаев, описав вид изображения, отметив знаком «+» правильный ответ.

№	Фокусное расстояние $F$ , см	Расстояние от лампочки до линзы $d$ , см	Вид изображения				
			действительное	мнимое	увеличенное	уменьшенное	равное предмету
$d < F$							
$F < d < 2F$							
$d = 2F$							

5. Сравните каждое полученное изображение лампочки на экране с рисунками 1, 2, 3.

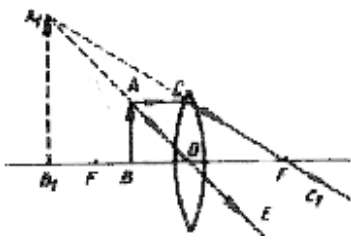


Рис. 1

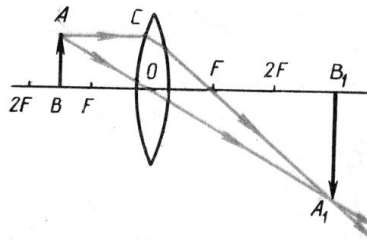


Рис. 2

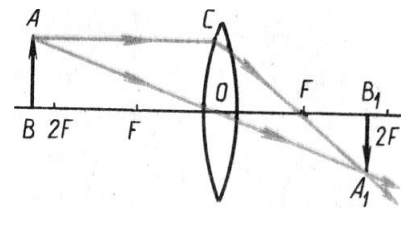


Рис. 3

6. Сделайте вывод, как меняется изображение лампочки при ее удалении от линзы.

---



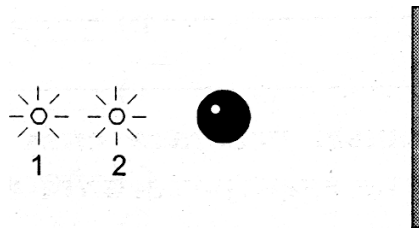
---



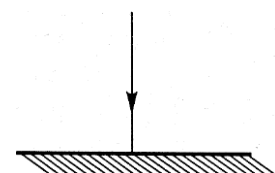
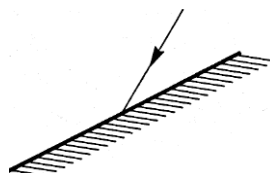
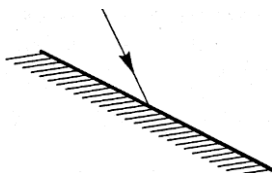
---

**Контрольные вопросы:**

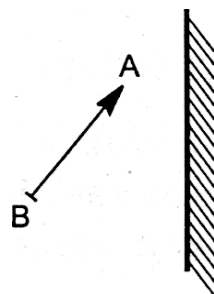
1. От какого источника света – 1 или 2 – тень от шара на экране получится больше? Ответ поясните с помощью рисунка.



2. Начертите по лучам падения лучи отражения.



3. Постройте изображение предмета АВ в плоском зеркале.



**Вывод:**

---



---



---



---

## Лабораторная работа № 32

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ РАССТОЯНИЯ ОТ ПРЕДМЕТА ДО СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ И РАССТОЯНИЯ ДО ЕГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

**Цель работы:** убедиться, что при приближении предмета к собирающей линзе на некоторое расстояние его четкое изображение (действительное) удаляется на такое же расстояние.

**Оборудование:** собирающая линза; экран; низковольтная лампочка на подставке; источник питания на 4 В; измерительная лента.

В зависимости от положения предмета относительно линзы меняются размеры и расположение изображения (см. рис. 1–2). Предмет, расположенный от линзы на расстоянии больше фокусного, дает действительное перевернутое изображение.

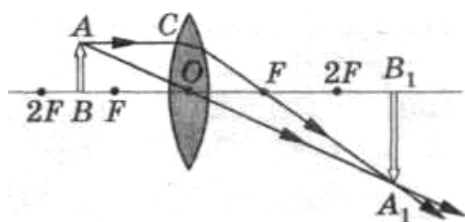


Рис. 1

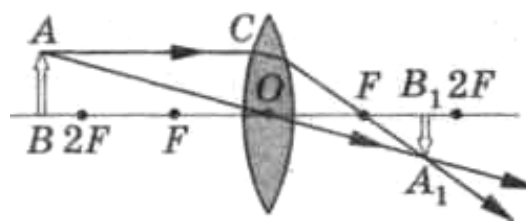


Рис. 2

#### Порядок выполнения работы:

1. Расположите линзу, низковольтную лампочку и экран вдоль одной прямой, как показано на рисунке 3. Перемещая экран и линзу, добейтесь четкого действительного изображения на нем низковольтной лампочки.

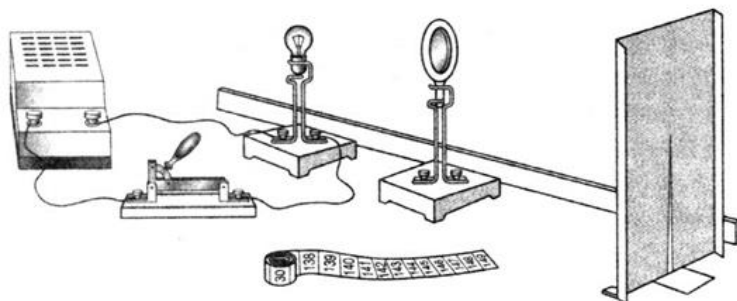


Рис. 3

2. Поместите лампочку ближе к линзе и, перемещая экран, добейтесь четкого изображения лампочки на экране.

3. С помощью измерительной ленты определите, на сколько уменьшилось расстояние между лампочкой и линзой ( $d = \quad \text{см} = \quad \text{м}$ ) и на сколько увеличилось расстояние между линзой и изображением лампочки на экране ( $f = \quad \text{см} = \quad \text{м}$ ).
4. Сделайте вывод о достоверности предположения, сформулированного в цели работы.

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Какая из линз имеет меньшее фокусное расстояние, если изготовлены они из одинакового стекла?

---

---

---

---

2. Какой вред в солнечный день могут причинить листьям растений попавшие на них капли воды?

---

---

---

---

3. Как, используя Солнце в качестве источника света, приблизительно определить фокусное расстояние линзы?

---

---

---

---

## Лабораторная работа № 33

### ИЗУЧЕНИЕ ТРЕКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ГОТОВЫМ ФОТОГРАФИЯМ

**Цель работы:** научиться анализировать фотографии треков заряженных частиц, сфотографированных в камере Вильсона, пузырьковой камере и методом фотоэмульсии и объяснять характер движения заряженных частиц.

**Оборудование:** фотографии треков заряженных частиц, полученных в камере Вильсона, пузырьковой камере и на фотоэмульсии.

Треки заряженных частиц в камере Вильсона представляют собой цепочки микроскопических капелек жидкости (воды или спирта), образовавшихся вследствие конденсации пересыщенного пара этой жидкости на ионах, расположенных вдоль траектории заряженной частицы; в пузырьковой камере – цепочки микроскопических пузырьков пара перегретой жидкости, образовавшихся на ионах; в фотоэмульсии — цепочки зерен металлического серебра, образовавшихся на ионах. Треки показывают траекторию движения заряженных частиц.

Длина трека зависит от начальной энергии заряженной частицы и плотности окружающей среды: она тем больше, чем больше энергия частицы и чем меньше плотность среды.

Толщина трека зависит от заряда и скорости частицы: она тем больше, чем больше заряд частицы и чем меньше ее скорость.

При движении заряженной частицы в магнитном поле ее трек получается искривленным. Радиус кривизны зависит от массы, заряда, скорости частицы и модуля индукции магнитного поля: он тем больше, чем больше масса и скорость частицы и чем меньше ее заряд и модуль индукции магнитного поля.

По изменению радиуса кривизны трека можно определить направление движения частицы и изменение ее скорости: в начале движения скорость больше там, где больше радиус кривизны трека.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Проанализируйте на рисунке 1 фотографию, на которой изображены треки  $\alpha$ -частиц в камере Вильсона и ответьте на вопросы:

1) В каком направлении двигались  $\alpha$ -частицы?

---

---

---

---

---

---

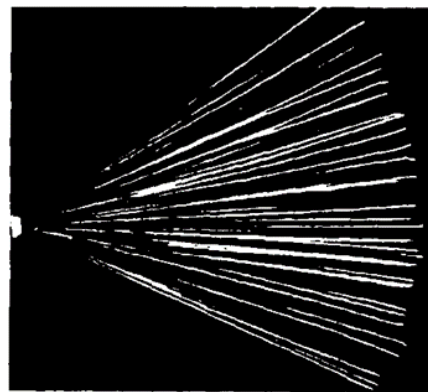


Рис. 1

2) Почему длина треков  $\alpha$ -частиц примерно одинакова?

---

---

---

3) Почему толщина треков  $\alpha$ -частиц к концу пробега немного увеличивается?

---

---

---

4) Почему некоторые  $\alpha$ -частицы оставляют треки только в конце своего пробега?

---

---

---

2. Проанализируйте фотографию на рисунке 2, на которой изображены треки  $\alpha$ -частиц в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле и ответьте на вопросы:



1) В какую сторону двигались  $\alpha$ -частицы?

---

---

Рис. 2

2) Почему треки  $\alpha$ -частиц искривлены?

---

---

---

3) Как был направлен вектор магнитной индукции?

---

---

---

4) Почему изменяются радиус кривизны и толщина треков  $\alpha$ -частиц к концу их пробега?

---

---

---

3. Проанализируйте фотографию на рисунке 3, на которой изображен трек электрона в жидководородной пузырьковой камере, помещенной в магнитное поле и ответьте на вопросы:

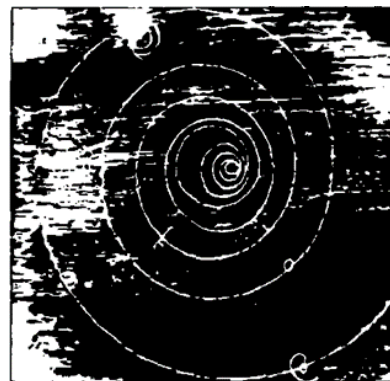


Рис. 3

1) Почему трек электрона имеет форму спирали?

---

---

---

---

---

2) В каком направлении двигался электрон?

---

---

---

3) Как был направлен вектор магнитной индукции?

---

---

---

### ***Контрольные вопросы:***

1. Какие методы исследования заряженных частиц вы знаете?

---

---

---

2. Какая идея лежит в основе принципа действия счетчика Гейгера?

---

---

---

3. От чего зависит радиус кривизны трека при движении частицы в магнитном поле?

---

---

---

***Вывод:***

---

---

---

---

## 10–11 КЛАСС

### Лабораторная работа № 1

#### ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ТЕЛА ПРИ РАВНОУСКОРЕННОМ ДВИЖЕНИИ

**Цель работы:** измерить ускорение, с которым шарик скатывается по наклонному желобу; научиться анализировать полученный результат.

**Оборудование:** штатив с принадлежностями; металлический желоб; стальной шарик; секундомер; стальной цилиндр; измерительная лента.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, как изображено на рисунке 1, при этом верхний конец желоба должен быть на несколько сантиметров выше нижнего.

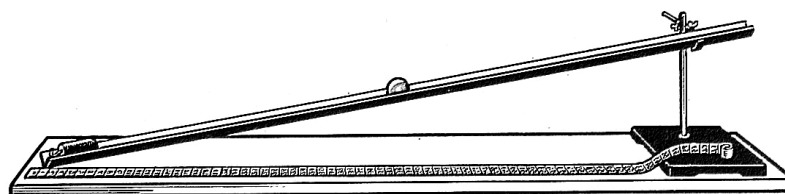


Рис.

2. Дождитесь, когда стрелка секундомера совпадет с нулевым делением.
3. Отпустите шарик и заметьте время  $t$  от начала движения до его удара о цилиндр, установленный в конце желоба.
4. Измерьте пройденное шариком расстояние  $S$  с помощью сантиметровой ленты.
5. Опыт повторите три-пять раз.

*Примечание.* Для того чтобы повысить точность измерений, надо брать очень длинный желоб и провести несколько измерений, по результатам которых взять среднее значение для расчета ускорения.

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	$t, c$	$\Delta t, c$	$S, m$	$\Delta S, m$	$a, m/c^2$	$\Delta a, m/c^2$	$E_a, \%$
1							
2							
3							
Ср.							



7. Вычислите ускорение, с которым шарик скатывался по желобу, по формуле  $a = \frac{2S}{t^2}$ :

$$a = \frac{2S}{t^2}$$

$$a_1 = \frac{2S}{t_1^2} = 2 \frac{S}{t_1^2} = \quad \text{м/с}^2;$$

$$a_2 = \frac{2S}{t_2^2} = 2 \frac{S}{t_2^2} = \quad \text{м/с}^2;$$

$$a_3 = \frac{2S}{t_3^2} = 2 \frac{S}{t_3^2} = \quad \text{м/с}^2.$$

8. Рассчитайте среднее значение ускорения по формуле  $a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3}$ :

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \quad \text{м/с}^2.$$

9. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta S = \Delta_u S + \Delta_0 S, \quad \Delta_u S = 0,5 \text{ см} = 0,005 \text{ м}, \quad \Delta_0 S = 0,25 \text{ см} = 0,0025 \text{ м}.$$

$$\Delta S = 0,0050 + 0,0025 = 0,0075 \text{ м}.$$

$$\Delta t = \Delta_{ot} + \Delta_{ut}, \quad \Delta_{ot} = 0,2 \text{ с}, \quad \Delta_{ut} = 1 \text{ с за } 30 \text{ мин}.$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ с}.$$

$$E_a = ((2\Delta t / t_{cp}) + (\Delta S / S_{cp})) \cdot 100 \% = (2 \frac{\Delta t}{t_{cp}} + \frac{\Delta S}{S_{cp}}) \cdot 100 \% = \quad + \quad = \quad \%$$

$$\Delta a = E'_a \cdot a_{cp} = \quad \cdot \quad = \quad \text{м/с}^2.$$

$$a = (a_{cp} \pm \Delta a) \quad \text{м/с}^2, \quad E_a = \quad \% \text{ (общий вид ответа).}$$

$$a = ( \quad \pm \quad ) \text{ м/с}^2, \quad E_a = \quad \%$$

10. Проанализировав полученные результаты, сделайте вывод.

---



---

### **Контрольные вопросы:**

1. Какое движение называется равноускоренным? Приведите пример.

---



---



---

2. Чем равноускоренное движение отличается от равнозамедленного?

---



---



---

3. С каким ускорением падают все тела вблизи поверхности Земли?

---



---

## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, БРОШЕННОГО ГОРИЗОНТАЛЬНО

**Цель работы:** изучить движение тела, брошенного горизонтально.

**Оборудование:** стальной шарик; дугообразный желоб; доска; штатив; лист белой бумаги 300x40 мм; копировальная бумага 300x40 мм; лист белой бумаги 200x300 мм; пенал; ученическая линейка; сантиметровая лента; подставка с углом наклона  $60^\circ$ .

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, как изображено на рисунке 1.

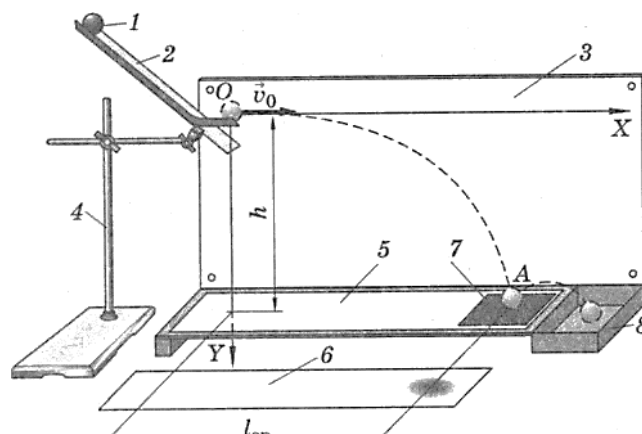


Рис. 1

1 – стальной шарик, 2 – дугообразный желоб, 3 – доска, 4 – штатив,  
5 – лист белой бумаги 300x40 мм, 6 – копировальная бумага 300x40 мм,  
7 – лист белой бумаги 200x300 мм, 8 – пенал, ученическая линейка,  
сантиметровая лента, подставка с углом наклона  $60^\circ$

2. Поставьте подставку с углом наклона  $60^\circ$  к горизонту и прикрепите к нему экран, а к экрану желоб.
3. Пустите шарик по наклонному желобу три раза с разных высот.
4. Измерьте с помощью сантиметровой ленты высоту бросания шарика  $h$  и дальность его полета  $L$ .
5. Исследуйте полученные кривые. (Кривые представляют собой параболы, так как центр массы шарика двигался равноускоренно под действием постоянных сил тяжести, упругости и трения.)
6. Постройте графики движения. С этой целью из начала траектории проведите при помощи линейки горизонтальную прямую и перпендикулярную к ней прямую (рис. 2).

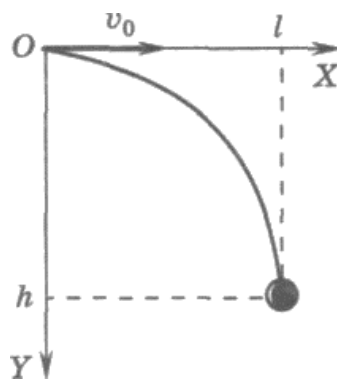


Рис. 2

7. Рассчитайте ускорение свободного падения по формуле  $h = \frac{gt^2}{2}$ . Тогда

$$g = \frac{2h}{t^2}.$$

$$g_1 = \frac{2h}{t_1^2} = \text{---} = \text{---} \text{ м/с}^2;$$

$$g_2 = \frac{2h}{t_2^2} = \text{---} = \text{---} \text{ м/с}^2;$$

$$g_3 = \frac{2h}{t_3^2} = \text{---} = \text{---} \text{ м/с}^2.$$

8. Рассчитайте среднее значение ускорения свободного падения по формуле

$$g_{cp} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}.$$

$$g_{cp} = \text{---} = \text{---} \text{ м/с}^2.$$

9. По результатам эксперимента рассчитайте среднее значение начальной

скорости шарика по формуле  $v_0 = L_{cp} \sqrt{\frac{g_{cp}}{2h_{cp}}}$ :

$$v_0 = \sqrt{\text{---}} = \text{---} \text{ м/с}.$$

10. Результаты измерений и расчетов занесите в таблицу:

№	$h, \text{ м}$	$L, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$\Delta t, \text{ с}$	$\Delta h, \text{ м}$	$g, \text{ м/с}^2$	$\Delta g, \text{ м/с}^2$	$E_g, \%$	$v_0, \text{ м/с}$
1									
2									
3									
Ср.									

11. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности:

$$\Delta h = \Delta_{0h} + \Delta_u h, \quad \Delta_u h = 0,5 \text{ см} = 0,005 \text{ м}, \quad \Delta_{0h} = 0,25 \text{ см} = 0,0025 \text{ м}$$

$$\Delta h = 0,0050 + 0,0025 = 0,0075 \text{ м.}$$

$$\Delta t = \Delta_{0t} + \Delta_{ut}, \quad \Delta_{0t} = 0,2 \text{ с},$$

$$\Delta_{ut} = 1 \text{ с за } 30 \text{ мин.}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ с.}$$

$$E_g = ((\Delta h / h_{cp}) + (2\Delta t / t_{cp})) 100 \% = ( \quad + 2 \quad ) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta g = E'_g \cdot g_{cp} = \quad \cdot \quad = \quad \text{м/с}^2.$$

$$g = ( g_{cp} \pm \Delta g ) \text{ м/с}^2, \quad E_g = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$g = ( \quad \pm \quad ) \text{ м/с}^2, \quad E_g = \quad \%$$

12. Проанализируйте полученный результат и сделайте вывод, сравнив его с табличным значением ускорения свободного падения на Земле в средних широтах ( $g = 9,83 \text{ м/с}^2$ ).

*Вывод:*

---

---

---

---

### ***Контрольные вопросы:***

1. Как вычислить дальность полета тела при горизонтальной стрельбе, зная начальную скорость и высоту бросания?

---

---

---

2. Какие силы оказывают действие на шарик, брошенный в горизонтальном направлении?

---

---

---

3. Как изменится дальность полета тела, если увеличить скорость бросания в  $n$  раз?

---

---

---

# Лабораторная работа № 3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ПРУЖИНЫ

**Цель работы:** определить жесткость пружины школьного динамометра.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой; спиральная пружина; набор грузов; миллиметровая бумага; ученическая линейка; динамометр лабораторный.

### Порядок выполнения работы:

1. Укрепите динамометр, как показано на рисунке.
2. На шкале динамометра укрепите миллиметровую бумагу (самодельная шкала).
3. Отметьте начальное положение стрелки динамометра на миллиметровой бумаге.
4. Подвесьте к пружине груз массой 100 г и отметьте вновь положение стрелки на миллиметровой бумаге.
5. Подвешивая грузы массой 200 г, 300 г и 400 г, отмечайте положение стрелки динамометра на миллиметровой бумаге.
6. Измерьте линейкой расстояние (удлинение пружины)  $\Delta x$  между соседними, нанесенными Вами штрихами.
7. Опыт повторите три раза.
8. Рассчитайте численное значение жесткости пружины по выведенной формуле

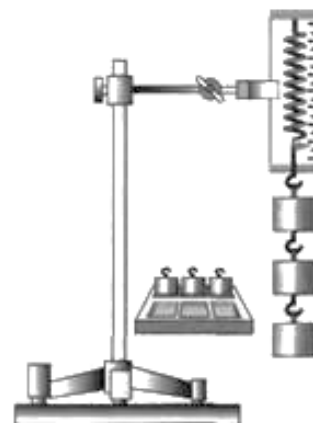


Рис.

$$\text{муле } F_{\text{тяж}} = F_{\text{упр}}, \quad mg = k \cdot \Delta x, \quad k = \frac{mg}{|\Delta x|}:$$

$$k_1 = \frac{m_1 g}{|\Delta x_1|} = \text{-----} = \text{Н/м};$$

$$k_2 = \frac{m_2 g}{|\Delta x_2|} = \text{-----} = \text{Н/м};$$

$$k_3 = \frac{m_3 g}{|\Delta x_3|} = \text{-----} = \text{Н/м}.$$

9. Найдите среднее значение жесткости пружины  $k$  по формуле

$$k_{\text{ср}} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}:$$

$$k_{\text{ср}} = \text{-----} = \text{Н/м}.$$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

№	$m$ , кг	$\Delta m$ , кг	$g$ , м/с <sup>2</sup>	$l$ , м	$ \Delta l $ , м	$k$ , Н/м	$\frac{\Delta k}{H/м}$	$E_k$ , %
1			9,83					
2			9,83					
3			9,83					
Ср.			9,83					

11. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta l = \Delta_{ol} + \Delta_{ul}, \quad \Delta_{ol} = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}, \quad \Delta_{ul} = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

$$\Delta l = 0,0005 + 0,001 = 0,0015 \text{ м}$$

$$\Delta m = \Delta_{om} + \Delta_{um}, \quad \Delta_{um} = 0,01 \text{ г} = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг}, \quad \Delta_{om} =$$

$$\Delta m = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$E_k = ((\Delta m / m_{cp}) + (\Delta l / |\Delta l_{cp}|)) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta k = E'_k \cdot k_{cp} = \quad = \quad \text{Н/м}$$

$$k = (k_{cp} \pm \Delta k) \text{ Н/м} \quad E_k = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$k = ( \quad \pm \quad ) \text{ Н/м}, \quad E_k = \quad \%$$

12. Проанализируйте полученный результат, сравнив его с табличным значением жесткости данного материала, и сделайте *вывод*.

---



---



---



---

### **Контрольные вопросы:**

1. Запишите закон Гука и объясните, что означает знак « – » в законе.

---



---

2. Приведите примеры использования деформации растяжения и сжатия.

---



---



---

3. Почему нельзя нагружать динамометр грузом, сила тяжести которого превышает предел измерения прибора?

---



---

## Лабораторная работа № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

**Цель работы:** определить коэффициент трения скольжения деревянного бруска по деревянной поверхности.

**Оборудование:** брусок деревянный с крючком; трибометр; динамометр лабораторный; набор грузов по 100 г.

#### Порядок выполнения работы:

1. Положите деревянный брусок на горизонтально расположенный трибометр и, нагрузив его сначала одним грузом, потом двумя, а затем тремя, тяните динамометр по возможности равномерно вдоль трибометра (рис.). Измерьте силу тяги, равную силе трения ( $F_{тр} = F_{тяги}$ ).



Рис.

2. Взвесьте брусок и грузы на динамометре и определите силу нормального давления  $N$ .
3. Опыт повторите три раза.
4. Рассчитайте коэффициент трения  $\mu$  как отношение силы трения к силе нормального давления по формуле  $\mu = \frac{F_{тр}}{N}$ :

$$\mu_1 = \frac{F_{тр1}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad ;$$

$$\mu_2 = \frac{F_{тр2}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad ;$$

$$\mu_3 = \frac{F_{тр3}}{N} = \frac{\quad}{\quad} = \quad .$$

5. Рассчитайте среднее значение коэффициента трения скольжения  $\mu$  по формуле  $\mu_{ср} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3}$ :

$$\mu_{ср} = \frac{\quad + \quad + \quad}{3} = \quad .$$

6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$N_2$	$F_{mp}, H$	$\Delta F, H$	$m, кг$	$\Delta m, кг$	$g, м/с^2$	$N, H$	$\mu$	$\Delta\mu$	$E_{\mu}, \%$
1					9,83				
2					9,83				
3					9,83				
Ср.					9,83				

7. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta F = \Delta_0 F + \Delta_u F, \quad \Delta_0 F = 0,05 H, \quad \Delta_u F = 0,05 H$$

$$\Delta F = 0,05 + 0,05 = 0,1 H$$

$$\Delta m = \Delta_0 m + \Delta_u m, \quad \Delta_u m = 0,01 г = 0,01 \cdot 10^{-3} кг, \quad \Delta_0 m =$$

$$\Delta m = 0,01 \cdot 10^{-3} кг.$$

$$E_{\mu} = ((\Delta F/F_{cp, mp}) + (\Delta m/m_{cp})) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta\mu = E'_{\mu} \cdot \mu_{cp} = \quad \cdot \quad = \quad .$$

$$\mu = (\mu_{cp} \pm \Delta\mu), \quad E_{\mu} = \quad \% \quad (\text{общий вид ответа})$$

$$\mu_{cp} = ( \quad \pm \quad ), \quad E_{\mu} = \quad \%$$

8. Проанализировав полученный результат, сделайте *вывод*, сравнив его с табличным значением коэффициента трения скольжения дерева по дереву  $\mu = 0,25$ .

---



---



---



---

9. Постройте график зависимости силы трения  $F_{mp}$  от силы нормального давления  $N$  и по графику рассчитайте численное значение коэффициента трения скольжения  $\mu = F_{mp}/N$ .





***Контрольные вопросы:***

1. Проявлением какого взаимодействия – электромагнитного или гравитационного – является сила трения?

---

---

---

2. С какой целью зимой для задних колес некоторых грузовых автомобилей используют цепи?

---

---

---

3. Как изменится коэффициент трения, если между трущимися поверхностями нанести смазку?

---

---

---

# Лабораторная работа № 5

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Цель работы:** сравнить изменения потенциальной энергии груза и потенциальной энергии пружины.

**Оборудование:** динамометр лабораторный; ученическая линейка; набор грузов массой по 100 г; штатив; прочная нить.

### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, как показано на рисунке.

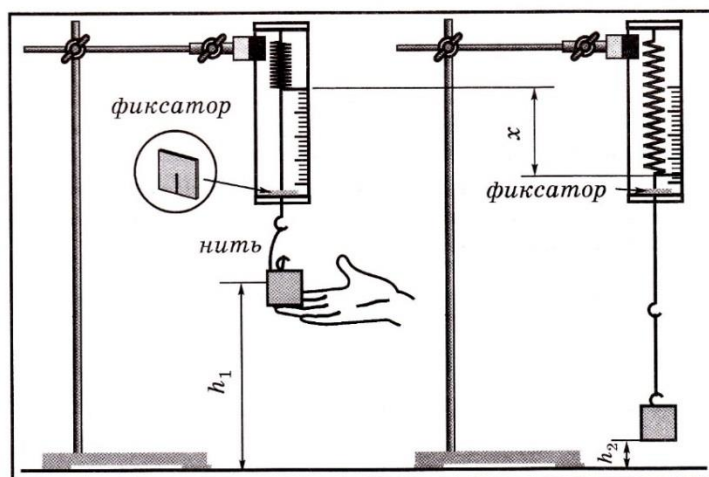


Рис.

2. Привяжите груз на нити (длина нити 12–15 см) к крючку динамометра. Закрепите динамометр в зажиме штатива на такой высоте, чтобы груз, поднятый до крючка, при падении не доставал до стола.
3. Приподняв груз так, чтобы нить провисала, установите фиксатор на стержне динамометра вблизи ограничительной скобы.
4. Поднимите груз почти до крючка динамометра и измерьте высоту  $h_1$  груза над столом (удобно измерять высоту нижней грани груза).
5. Отпустите груз без толчка. Падая, груз растянёт пружину, и фиксатор переместится по стержню вверх. Затем, растянув рукой пружину так, чтобы фиксатор оказался у ограничительной скобы, измерьте  $F$ ,  $x$  и  $h_2$ .
6. Вычислите по формулам вес груза  $P$ , увеличение потенциальной энергии пружины  $E_{np}$ , уменьшение потенциальной энергии груза  $|\Delta E_{cp}|$ :

$$P = mg =$$

$$E_{np} = \frac{Fx}{2} =$$

$$|\Delta E_{cp}| = P(h_1 - h_2) =$$

7. Определите отношение:

$$\frac{E_{np}}{|\Delta E_{zp}|} =$$

8. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

$N_0$	$P, H$	$h_1, м$	$h_2, м$	$F, H$	$x, м$	$ \Delta E_{zp} ,$ Дж	$E_{np},$ Дж	$\frac{E_{np}}{ \Delta E_{zp} }$
1								
2								
3								
Ср.								

9. Сравните полученное отношение с единицей и сделайте *вывод*:

---

---

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. В чем состоит закон сохранения полной механической энергии?

---

---

---

2. Может ли потенциальная энергия быть отрицательной?

---

---

---

3. Как изменяется энергия тела при упругих деформациях?

---

---

---

## Лабораторная работа № 6

### ИЗМЕРЕНИЕ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МАЯТНИКА

**Цель работы:** измерить ускорение свободного падения с помощью математического маятника.

**Оборудование:** секундомер или часы с секундной стрелкой; измерительная лента; эбонитовый шарик с отверстием; длинная нить (не менее 1 м; штатив с муфтой и лапкой).

#### Порядок выполнения работы:

1. Установите на краю стола штатив с муфтой и лапкой, как показано на рисунке.
2. У верхнего конца штатива укрепите лапку и к ней подвесьте шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 3–5 см от пола.
3. Измерьте длину нити  $L$ .
4. Отклоните маятник от положения равновесия на 5–8 см и отпустите его.
5. Измерьте время 40 полных колебаний шарика  $n$ .
6. Опыт повторите три раза, не меняя условий опыта.
7. Проанализируйте вывод формулы ускорения свободного падения  $g$  через период колебаний математического маятника и рассчитайте ускорение свободного падения.
8. Период колебаний маятника рассчитайте по формулам  $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$  и  $T = \frac{t}{n}$ .

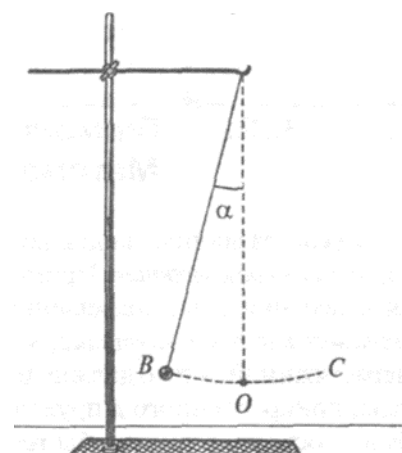


Рис.

Приравняв периоды, выведем формулу для расчета ускорения свободного падения математического маятника:  $4\pi^2 \frac{L}{g} = \frac{t^2}{n^2}$ . Тогда  $g = 4\pi^2 \frac{Ln^2}{t^2}$ .

$$g_1 = 4\pi^2 \frac{Ln_1^2}{t_1^2} = \quad \quad \quad \text{м/с}^2;$$

$$g_2 = 4\pi^2 \frac{Ln_2^2}{t_2^2} = \quad \quad \quad \text{м/с}^2;$$

$$g_3 = 4\pi^2 \frac{Ln_3^2}{t_3^2} = \quad \quad \quad \text{м/с}^2.$$

9. Рассчитайте среднее значение ускорения свободного падения по формуле

$$g_{cp} = \frac{g_1 + g_2 + g_3}{3}.$$

$$g_{cp} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{м/с}^2.$$

10. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	L, м	t, с	n	Δt, с	ΔL, м	g, м/с <sup>2</sup>	Δg, м/с <sup>2</sup>	E <sub>g</sub> , %
1			40					
2			40					
3			40					
Ср.			40					

11. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta L = \Delta_u L + \Delta_o L, \quad \Delta_u L = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}, \quad \Delta_o L = 0,25 \text{ мм} = 0,00025 \text{ м}$$

$$\Delta L = 0,0005 + 0,00025 = 0,00075 \text{ м}$$

$$\Delta t = \Delta_u t + \Delta_o t, \quad \Delta_u t = 1 \text{ с за } 30 \text{ мин.}, \quad \Delta_o t = 0,2 \text{ с}$$

$$\Delta t = 0,2 \text{ с}$$

$$E_g = ((2 \Delta t/t_{cp}) + (\Delta L/L_{cp})) \cdot 100 \% = (2 \quad + \quad) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta g = E'_g \cdot g = \quad = \quad \text{м/с}^2$$

$$g = (g_{cp} \pm \Delta g) \text{ м/с}^2, \quad E_g = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$g = (\quad \pm \quad) \text{ м/с}^2, \quad E_g = \quad \%$$

12. Проанализировав полученный результат, сравните его с табличным для ускорения свободного падения в средних широтах  $g = 9,83 \text{ м/с}^2$  и сделайте вывод.

---



---



---

### Контрольные вопросы:

1. Какие единицы измерений ускорения свободного падения Вы знаете?

---



---

2. Каким условиям должны удовлетворять нить и груз математического маятника?

---



---

3. Зависит ли ускорение свободного падения от широты местности на Земле?

---



---

## Лабораторная работа № 7

### ИЗУЧЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА, КОЛЕБЛЮЩЕГОСЯ НА ПРУЖИНЕ

**Цель работы:** познакомиться с двумя способами измерения периода колебаний тела на пружине.

**Оборудование:** динамометр; ученическая линейка; набор грузов массой по 100 г; штатив; секундомер или часы с секундной стрелкой.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, как изображено на рисунке.
2. В штативе укрепите динамометр, к которому подвесьте грузы массой по 100 г.
3. Положение динамометра регулируйте так, чтобы при колебании грузов его подвижные части не касались шкалы, ограниченной скобой.
4. Измерьте модуль силы тяжести  $F_{тяж}$ , а также деформацию пружины  $x$ .
5. Опыт повторите три раза для разных масс грузов.
6. Вычислите жесткость пружины  $k$  по формуле

$$k = \frac{F_{тяж}}{x};$$

$$k_1 = \frac{F_{тяж1}}{x_1} = \text{---} = \text{---} \text{ Н/м};$$

$$k_2 = \frac{F_{тяж2}}{x_2} = \text{---} = \text{---} \text{ Н/м};$$

$$k_3 = \frac{F_{тяж3}}{x_3} = \text{---} = \text{---} \text{ Н/м}.$$

7. Рассчитайте среднее значение жесткости пружины школьного динамометра по формуле  $k_{cp} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3}$ :

$$k_{cp} = \text{---} = \text{---} \text{ Н/м}.$$

8. Вычислите период колебаний грузов на пружине по формуле  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ :

$$T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k_1}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\text{---}} = \text{---} \text{ с};$$

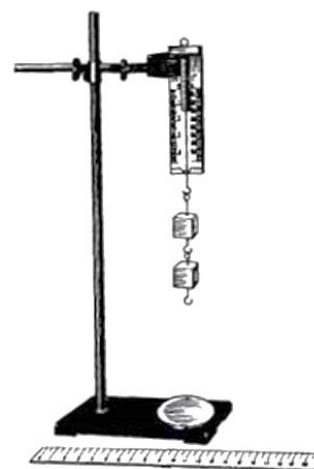


Рис.

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{k_2}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \quad \text{с};$$

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{m_3}{k_3}} = 2 \cdot 3,14 \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \quad \text{с}.$$

9. Рассчитайте среднее значение периода колебаний грузов на пружине по формуле  $T_{cp} = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}$ :

$$T_{cp} = \frac{\quad + \quad + \quad}{3} = \quad \text{с}.$$

10. Измерьте период колебаний грузов, прикрепленных к динамометру, с помощью секундомера.  
 11. Выведите из равновесия систему грузов, прикрепленных к динамометру, заметьте время их колебаний  $t$ , и подсчитайте число их колебаний  $n$ .  
 12. Рассчитайте период колебаний по формуле  $T^1 = \frac{t}{n}$ :

$$T^1 = \frac{t}{n} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{с}.$$

13. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

$N^{\circ}$	$F, H$	$\Delta F, H$	$x, м$	$\Delta x, м$	$m, кг$	$\Delta m, кг$	$k, H/м$	$t, с$	$n$	$T, с$	$T^1, с$	$\Delta T, с$	$E_{T1}, \%$	$E_{T2}, \%$
1														
2														
3														
Ср.														

14. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta F = \Delta_0 F + \Delta_u F, \quad \Delta_0 F = 0,05 H, \quad \Delta_u F = 0,05 H$$

$$\Delta F = 0,05 + 0,05 = 0,1 H$$

$$\Delta x = \Delta_u x + \Delta_0 x, \quad \Delta_0 x = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}, \quad \Delta_u x = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}$$

$$\Delta x = 0,0005 + 0,001 = 0,0015 \text{ м}.$$

$$\Delta m = \Delta_0 m + \Delta_u m, \quad \Delta_u m = 0,01 \text{ г} = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг}, \quad \Delta_0 m =$$

$$\Delta m = 0,01 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$$

$$E_{T_{cp}} = (1/2 (\Delta m / m)) \cdot 100 \% = (1/2 (\quad)) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta T = E'_{T_{cp}} \cdot T_{cp} = \quad \cdot \quad = \quad \text{с}$$

$$T_{cp} = (T_{cp} \pm \Delta T) \text{ с}, \quad E_{T_{cp}} = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$T_{cp} = (\quad \pm \quad) \text{ с}, \quad E_{T1} = \quad \%$$

15. Проанализировав результаты, сделайте вывод.

---



---



---

***Контрольные вопросы:***

1. Зависит ли период колебаний от массы колеблющегося тела?

---

---

2. Какое движение называется колебательным? Каково его отличие от других видов движения?

---

---

---

---

3. Каково назначение амортизаторов, установленных у колес автомобиля?

---

---

---



## Лабораторная работа № 8

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ТЕПЛООВОГО ДВИЖЕНИЯ МОЛЕКУЛ ГАЗА

**Цель работы:** научиться решать экспериментальные задачи на определение средней квадратичной скорости теплового движения молекул газа.

**Оборудование:** термометр; таблица «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева».

#### Порядок выполнения работы:

1. Измерьте температуру воздуха в классной комнате с помощью термометра.  
 $T = \quad \text{°C}$ .
2. Воспользуйтесь таблицей «Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева» и определите молярные массы гелия, кислорода и углекислого газа, входящих в состав воздуха:

$$M(\text{He}) = \quad \text{кг/моль},$$

$$M(\text{O}_2) = \quad \text{кг/моль},$$

$$M(\text{CO}_2) = \quad \text{кг/моль}.$$

3. Выведите формулу для расчета средней квадратичной скорости теплового движения молекул газа.

---

---

---

---

---

---

---

---

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M}} \quad \text{или} \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{iRT}{M}}.$$

где  $\bar{v}$  – модуль средней квадратичной скорости теплового движения молекул газа,

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$  – постоянная Больцмана,

$i$  – число степеней свободы,

$R = 8,31 \text{ Дж/(моль К)}$  – универсальная газовая постоянная,

$M$  – молярная масса газа,

$T = \quad + 273 = \quad \text{К}$  – абсолютная температура газа.

4. Рассчитайте среднюю квадратичную скорость теплового движения молекул вышеперечисленных газов:

$$v_{He} = \sqrt{\frac{3kN_A T}{M_{He}}} = \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \quad \text{м/с}^2, \quad i = 3$$

$$v_{O_2} = \sqrt{\frac{5kN_A T}{M_{O_2}}} = \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \quad \text{м/с}^2, \quad i = 5$$

$$v_{CO_2} = \sqrt{\frac{6kN_A T}{M_{CO_2}}} = \sqrt{\frac{\quad}{\quad}} = \quad \text{м/с}^2, \quad i = 6$$

5. Проанализировав результат, сделайте *вывод*:

---



---



---



---

**Контрольные вопросы:**

1. Как изменяется средняя квадратичная скорость движения молекул газа при увеличении температуры?

---



---



---



---

2. Если в одном конце комнаты пролить некоторое количество духов, то через несколько секунд запах будет ощущаться в другом конце комнаты. Не противоречит ли этот факт тому, что средняя скорость молекул газа при комнатной температуре больше скорости пули и составляет несколько сотен метров в секунду?

---



---



---



---

3. Какие молекулы в атмосфере движутся быстрее и почему?

---



---



---



---

## Лабораторная работа № 9

### НАБЛЮДЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ

**Цель работы:** проверить существование сил молекулярного взаимодействия в твердых и жидких телах.

**Оборудование:** стеклянные пластинки размером 75x25x1 мм (2 шт.); химический стакан с водой; лист бумаги.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Тщательно протрите стеклянные пластинки бумагой.
2. Наложите стеклянные пластинки друг на друга и сожмите их так, чтобы увеличить число точек соприкосновения, как показано на рисунке 1.

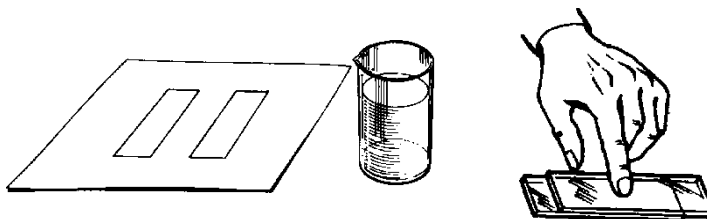


Рис. 1

3. Приподнимите верхнюю пластинку за выступающий край, как показано на рисунке 2.

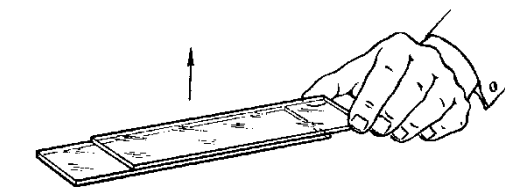


Рис. 2

4. Пластинки положите друг на друга и проведите одну по другой вскользь.

**Ответьте на вопросы:**

1) Что Вы обнаружили во время опыта?

---

2) Сравните усилия, прикладываемые при выполнении действий, описанных в пунктах 3 и 4.

---

3) Что подтверждает проведенный Вами опыт?

---

5. Смочите одну пластинку водой и переверните ее таким образом, чтобы капли воды повисли на пластинке.

**Ответьте на вопросы:**

1) Что Вы обнаружили во время опыта?

---

---

2) Сравните силы взаимодействия между молекулами стекла в первом опыте и между молекулами стекла и воды во втором опыте. В каком случае сила взаимодействия больше?

---

---

6. Пронаблюдайте слипание двух стеклянных пластинок, смоченных водой (повторите выполнение пунктов 2, 3, 4).

**Ответьте на вопросы:**

1) Сравните усилия, прикладываемые к пластинам при выполнении опытов?

---

---

2) Каковы силы притяжения между молекулами воды и стекла?

---

---

3) В каком случае обнаруживаются наибольшие силы молекулярного взаимодействия?

---

---

**Контрольные вопросы:**

1. Каким образом осуществляется молекулярное взаимодействие тел?

---

---

2. Почему проявление силы сцепления между кусками металла изучают, используя свинцовые цилиндры, а не стальные?

---

---

3. Почему можно сварить сталь, если куски стали нагреть до  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$  и, соединив их, по ним ударить?

---

---

# Лабораторная работа № 10

## ПРОВЕРКА УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

**Цель работы:** проверить возможность выполнения соотношения

$$\frac{p_1 L_1}{T_1} = \frac{p_2 L_2}{T_2}.$$

**Оборудование:** стеклянная, запаянная с одного конца трубка, длиной 600 мм и диаметром 8–10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40–50 мм (мензурка), наполненный горячей водой ( $t = 70\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$ ); стакан с водой комнатной температуры ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ); термометр; барометр; ученическая линейка.

### Порядок выполнения работы:

1. Измерьте длину узкой трубки  $L_1$ :

$$L_1 = \quad \text{м}$$

2. Заполните мензурку горячей водой, не доливая до верхнего ее края 8–10 см.
3. Опустите в мензурку стеклянную трубку незапаянным концом вниз на 3–5 минут, чтобы вышел излишек воздуха.
4. Определите с помощью термометра температуру горячей воды в мензурке (первое состояние газа):

$$T_1 = 60\text{--}70\text{ }^\circ\text{C} = \quad \text{К.}$$

5. Измерьте высоту столба горячей воды  $h_1$ :

$$h_1 = \quad \text{м.}$$

6. Определите с помощью барометра атмосферное давление:

$$p_{\text{атм}} = \quad \text{мм. рт. ст.} = \quad \text{Па.}$$

7. Рассчитайте давление столба горячей воды по формуле  $\Delta p_1 = \rho g h_1$ :

$$\Delta p_1 = \quad = \quad \text{Па.}$$

8. По результатам проведенных измерений рассчитайте давление воздуха в первом состоянии по формуле  $p_1 = \Delta p_1 + p_{\text{атм}}$ :

$$p_1 = \quad + \quad = \quad \text{Па.}$$

9. Перенесите стеклянную трубку в стакан с холодной водой и ожидайте, пока вода не заполнит трубку при остывании воздуха.

10. Определите температуру холодной воды в стакане с помощью термометра (второе состояние газа):

$$T_2 = 20\text{ }^\circ\text{C} = \quad \text{К.}$$

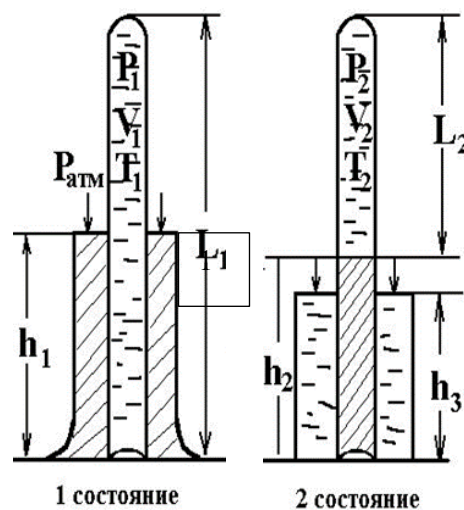


Рис.

11. Измерьте высоту столба воды в трубке  $h_2$  и высоту холодной воды в стакане  $h_3$ .

$$h_2 = \quad \text{м}, \quad h_3 = \quad \text{м}.$$

12. Рассчитайте высоту воздушного столба в трубке  $L_2$ :

$$L_2 = L_1 - h_2 = \quad = \quad \text{м}.$$

13. Рассчитайте давление столба воды в трубке по формуле  $\Delta p_2 = \rho g h_2$ :

$$\Delta p_2 = \quad = \quad \text{Па}$$

14. Рассчитайте давление воды в стакане по формуле  $p_3 = \rho g h_3$ :

$$p_3 = \quad = \quad \text{Па}.$$

15. По результатам проведенных измерений рассчитайте давление воздуха во втором состоянии по формуле  $p_2 = p_{\text{атм}} - \Delta p_2 + p_3$ :

$$p_2 = \quad - \quad + \quad = \quad \text{Па}.$$

16. Проверьте справедливость уравнения состояния идеального газа (закон Менделеева-Клапейрона)  $p_1 V_1 / T_1 = p_2 V_2 / T_2$ . Приняв  $V_1 = L_1 S$  и  $V_2 = L_2 S$ ,

получим соотношение  $\frac{p_1 L_1}{T_1} = \frac{p_2 L_2}{T_2}$ ,  $C_1 = C_2$ .

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad}, \text{ где } C = \frac{pL}{T}.$$

17. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$T_1, K$	$L_1, м$	$h_1, м$	$p_{\text{атм}}, \text{Па}$	$p_1, \text{Па}$	$\Delta p_1, \text{Па}$	$C_1 = \frac{p_1 L_1}{T_1}$	$T, K$	$L, м$	$P, \text{Па}$

$T_2, K$	$L_2, м$	$h_2, м$	$p_{\text{атм}}, \text{Па}$	$p_2, \text{Па}$	$\Delta p_2, \text{Па}$	$C_2 = \frac{p_2 L_2}{T_2}$	$E, \%$	$\Delta C$

18. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta_u T + \Delta_o T, \quad \Delta_u T = 1 K, \quad \Delta_o T = 0,5 K$$

$$\Delta T = 1 + 0,5 = 1,5 K.$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta_u L + \Delta_o L, \quad \Delta_u L = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}, \quad \Delta_o L = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}$$

$$\Delta L = 0,001 + 0,0005 = 0,0015 \text{ м}.$$

$$\Delta p = \Delta_u p + \Delta_o p, \quad \Delta_u p = 1 \text{ Па}, \quad \Delta_o p = 0,5 \text{ Па}$$

$$\Delta p = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ Па}.$$

$$E = (\Delta p/p_1 + \Delta L/L_1 + \Delta T/T_2) \cdot 100 \% = ( \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta C = E \cdot C = \quad = \quad$$

19. Проанализируйте результат и сделайте вывод о справедливости уравнения

состояния идеального газа  $\frac{p_1 V_1}{T_1} \pm \Delta C = \frac{p_2 V_2}{T_2} \pm \Delta C$ .

$$\frac{\quad}{\quad} \pm \quad = \frac{\quad}{\quad} \pm \quad .$$

*Вывод:*

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Почему баллоны со сжатым газом взрывоопасны, а трубы с водой под большим давлением не взрывоопасны?

---

---

---

---

2. Как изменяется сила, выталкивающая из воды воздушный пузырек, когда он поднимается на поверхность из водоема?

---

---

---

---

3. Почему из обычной бутылки, перевернутой вверх дном, вода выливается прерывистой струей (булькающая), а из резиновой грелки – непрерывной струей?

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 11

## ОПЫТНАЯ ПРОВЕРКА ЗАКОНА ГЕЙ-ЛЮССАКА

**Цель работы:** проверить выполнимость закона Гей-Люссака для изобарного процесса.

**Оборудование:** стеклянная, запаянная с одного конца трубка длиной 600 мм и диаметром 8–10 мм; цилиндрический сосуд высотой 600 мм и диаметром 40–50 мм (мензурка), наполненный горячей водой ( $t = 70\text{--}60\text{ }^\circ\text{C}$ ); стакан с водой комнатной температуры ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ); пластилин; линейка ученическая; термометр; барометр.

### Порядок выполнения работы:

1. Соберите установку, как изображено на рисунке 1.
2. Измерьте длину узкой трубки  $L_1$  и определите объем в ней воздуха по формуле  $V_1 = L_1 S$ :  
 $V_1 = \quad = \quad \text{мм}^3$ .
3. Заполните мензурку горячей водой, недоливая до верхнего ее края 8–10 см.
4. Опустите в мензурку стеклянную трубку запаянным концом вниз на 3–5 минут.
5. Определите с помощью термометра температуру горячей воды в мензурке (первое состояние газа). В этом случае объем воздуха  $V_1$  равен объему стеклянной трубки, а температура воздуха в ней – температуре горячей воды:  
 $T_1 = 60\text{--}70\text{ }^\circ\text{C} = \quad \text{К}$ .
6. Зажмите пальцем открытый конец стеклянной трубки, выньте трубку из горячей воды и сразу же, не разжимая пальца, опустите в стакан с холодной водой запаянным концом вверх.
7. Осторожно под водой уберите палец и ждите, пока уровни воды в трубке и стакане как показано на рисунке 2, не сравняются, при этом давление в трубке вновь станет равным атмосферному (второе состояние). По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься. После прекращения подъема воды в трубке объем воздуха в ней станет равным  $V_2 = S(L_1 - l) = L_2 S$ , а давление  $p = p_{\text{атм}} - \rho gh$ , где  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$  – плотность воды.
8. Определите с помощью барометра атмосферное давление  
 $p_{\text{атм}} = \quad \text{мм. рт. ст.} = \quad \text{Па}$ .
9. Измерьте высоту столба воды в стеклянной трубке  $h$  с помощью линейки.

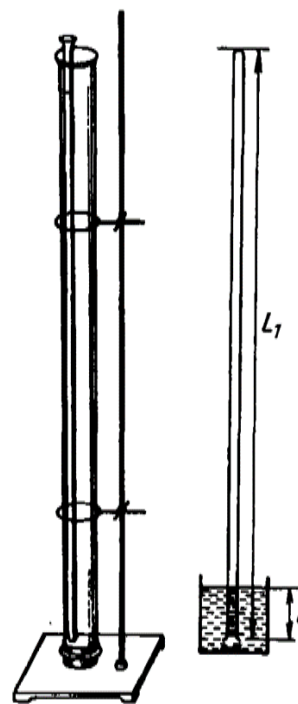


Рис. 1

Рис. 2



10. Рассчитайте объем воздуха:

$$V_2 = S(L_1 - l) = SL_2 = ( \quad - \quad ) = \quad \text{м}^3,$$

11. Рассчитайте температуру воздуха в трубке:

$$T_2 = \quad \text{°C} = \quad \text{K}.$$

12. Рассчитайте отношение объемов:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{SL_1}{SL_2} = \frac{L_1}{L_2} = \frac{\quad}{\quad} = \quad .$$

13. Рассчитайте отношение температур:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\quad}{\quad} = \quad .$$

14. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$h,$ мм	$L_1,$ мм	$l,$ мм	$L_2,$ мм	$T_1,$ K	$T_2,$ K	$\Delta T,$ K	$\Delta L,$ мм	$E_L,$ %	$E_T,$ %	$\frac{L_1}{L_2}$	$\frac{T_1}{T_2}$

15. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности:

$$\Delta T_1 = \Delta T_2 = \Delta_u T + \Delta_o T, \quad \Delta_u T = 1 \text{ K}, \quad \Delta_o T = 0,5 \text{ K}$$

$$\Delta T = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ K}.$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta_u L + \Delta_o L, \quad \Delta_u L = 1 \text{ мм} = 0,001 \text{ м}, \quad \Delta_o L = 0,5 \text{ мм} = 0,0005 \text{ м}$$

$$\Delta L_1 = \Delta L_2 = 0,001 + 0,0005 = 0,0015 \text{ м}.$$

$$E_L = (\Delta L_1 / L_1 + \Delta L_1 / L_2) \cdot 100 \% = ( \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$E_T = (\Delta T_1 / T_1 + \Delta T_1 / T_2) \cdot 100 \% = ( \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta L = E'_L \cdot L_1 = \quad = \quad \text{мм}.$$

$$\Delta T = E'_T \cdot T_2 = \quad = \quad \text{K}.$$

16. Проанализируйте результат, сделайте вывод о справедливости закона

$$\text{Гей-Люссака и выполнимости отношения } \frac{L_1}{L_2} \pm \Delta L = \frac{T_1}{T_2} \pm \Delta T$$

$$\frac{\quad}{\quad} \pm \quad = \frac{\quad}{\quad} \pm \quad .$$

Вывод:

---



---



---



---

**Контрольные вопросы:**

1. Почему, если погрузить стеклянную трубку, конец которой зажат пальцем, в стакан с водой комнатной температуры, а затем разжать палец, вода в трубке поднимается?

---

---

---

---

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

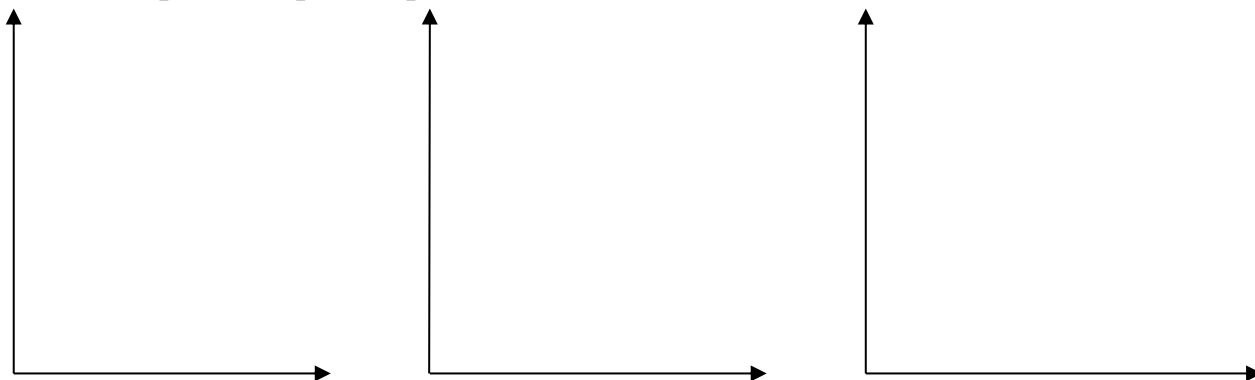
---

---

---

---

3. Начертите график зависимости  $p = f(T)$ ,  $p = f(V)$ ,  $V = f(T)$  для идеального газа при изобарном процессе.



## Лабораторная работа № 12

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ

**Цель работы:** экспериментально определить коэффициент поверхностного натяжения методом отрыва капель.

**Оборудование:** весы учебные; разновесы; пипетка; штангенциркуль; стакан с водой.

#### Порядок выполнения работы:

1. С помощью штангенциркуля измерьте внутренний диаметр пипетки:

$$d = \quad \text{мм} = \quad \text{м}.$$

2. Измерьте массу пустого стакана:

$$M_1 = \quad \text{г} = \quad \text{кг}.$$

3. Накапайте в пустой стакан 20–30 капель воды и с помощью весов определите массу стакана с водой:

$$M_2 = \quad \text{г} = \quad \text{кг}.$$

4. Вычислите массу воды в стакане через разность масс стакана с водой и пустого стакана по формуле  $M = M_2 - M_1$ :

$$M = \quad - \quad = \quad \text{кг}.$$

*Примечание.* Отрыв капли воды от пипетки происходит при соблюдении равенства  $mg = \sigma \pi d$ .

5. Вычислите массу одной капли по формуле  $m = \frac{M}{N}$ :

$$m = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{кг}.$$

6. Вычислите коэффициент поверхностного натяжения по формуле  $\sigma = \frac{mg}{\pi d}$ :

$$\sigma = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Н/м}.$$

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$d, \text{ м}$	$n$	$M, \text{ кг}$	$m, \text{ кг}$	$\sigma, \text{ Н/м}$

8. Проанализируйте результат и сделайте *вывод*.

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. Почему расплавленный жир плавает на поверхности воды в виде кружков?

---

---

---

---

2. У какой воды больше поверхностное натяжение: у чистой или у мыльной? Почему мыльная вода дает прочные пузыри, каких из чистой воды получить нельзя?

---

---

---

---

3. Почему уменьшаются размеры мыльного пузыря, если перестать дуть в трубку, на конце которой держится пузырек?

---

---

---

---

# Лабораторная работа № 13

## ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

**Цель работы:** научиться определять влажность воздуха с помощью психрометра.

**Оборудование:** психрометр; стакан с водой; психрометрическая таблица.

### Порядок выполнения работы:

1. Измерьте термометром А (рис.) температуру воздуха в помещении и воды в стакане и убедитесь в их равенстве.

$$t_{\text{сух}} = \quad \text{°C.}$$

2. Оберните резервуар термометра Б (рис.) кусочком увлажненной ваты или марли и держите некоторое время «влажный» термометр в воздухе. Как только понижение температуры прекратится, запишите показание термометра:

$$t_{\text{влаж}} = \quad \text{°C.}$$

3. Определите разность температур «сухого» и «влажного» термометров по формуле  $\Delta t = t_{\text{сух}} - t_{\text{влаж}}$ :

$$\Delta t = \quad - \quad = \quad \text{°C.}$$

4. С помощью психрометрической таблицы определите относительную влажность воздуха в помещении.

$$\varphi = \quad \%$$

5. Результаты измерений занесите в таблицу.

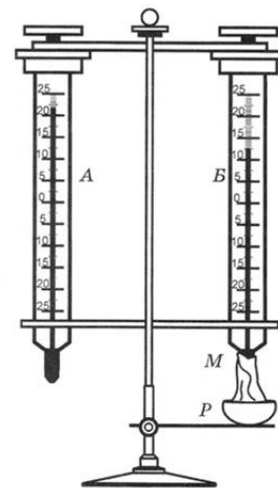


Рис.

$t_{\text{сух}}, \text{°C}$	$t_{\text{влаж}}, \text{°C}$	$\Delta t, \text{°C}$	$\varphi, \%$

### Контрольные вопросы:

1. Как изменяется абсолютная и относительная влажность воздуха при его нагревании?

---

---

2. Оба термометра в психрометре Августа показывают одинаковую температуру. Какова относительная влажность воздуха?

---

---

3. Когда скорее сохнет белье: в морозную погоду или в оттепель? Почему?

---

---

## Лабораторная работа № 14

### ИЗМЕРЕНИЕ ЭДС И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ТОКА

**Цель работы:** определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

**Оборудование:** источник постоянного тока на 4,0 В; вольтметр; ключ; амперметр; реостат на 6 Ом; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, как изображено на рисунке, и начертите ее схему.

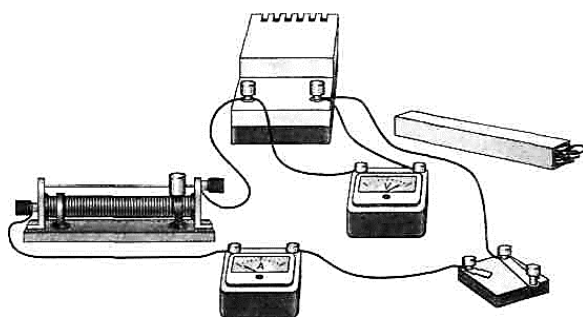


Рис.



2. Измерьте силу тока в цепи  $I_1$  и напряжение  $U_1$ , когда в цепь включен реостат, ползунок которого находится в среднем положении, считая сопротивление реостата равным:  
 $R_1 = \quad \text{Ом.}$
3. Измерьте силу тока в цепи  $I_2$  и напряжение  $U_2$ , изменив положение ползунка реостата, установив его на максимальное значение и считая сопротивление реостата равным:  
 $R_2 = \quad \text{Ом.}$
4. Отключите от источника тока реостат и амперметр.
5. Подключите к источнику тока только вольтметр и снимите его показание:  
 $\varepsilon = \quad \text{В.}$
6. Вычислите внутреннее сопротивление источника, используя формулу, полученную при выводе:

$$\left. \begin{array}{l} I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} \quad \rightarrow \quad \varepsilon = I_1(R_1 + r) \\ I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} \quad \rightarrow \quad \varepsilon = I_2(R_2 + r) \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r \\ (I_1 - I_2)r = I_2 R_2 - I_1 R_1 \end{array}$$

$$r_{np} = \frac{(I_2 R_2 - I_1 R_1)}{I_1 - I_2} = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = \text{---} = \text{---} \text{ Ом.}$$

7. Вычислите ЭДС источника тока по одной из формул:

$$\varepsilon_{1np} = U_1 + I_1 r = \text{---} = \text{---} \text{ В};$$

$$\varepsilon_{2np} = U_2 + I_2 r = \text{---} = \text{---} \text{ В.}$$

8. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

$I_1, A$	$\Delta I, A$	$I_2, A$	$U_1, B$	$U_2, B$	$\Delta U, B$	$r, Ом$	$\Delta r, Ом$	$E_r, \%$	$E, B$	$\Delta E, B$	$E_e, \%$

9. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности:

$$\Delta I = \Delta_u I + \Delta_o I, \quad \Delta_u I = \text{---} A, \quad \Delta_o I = \text{---} A$$

$$\Delta I = \text{---} + \text{---} = \text{---} A.$$

$$\Delta U = \Delta_u U + \Delta_o U, \quad \Delta_u U = \text{---} B, \quad \Delta_o U = \text{---} B$$

$$\Delta U = \text{---} + \text{---} = \text{---} B$$

$$E_r = (\Delta U/U_2 + \Delta U/U_1 + \Delta I/I_1 + \Delta I/I_2) \cdot 100 \% = ( \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} ) \cdot 100 \% = \text{---} \%$$

$$E_e = (\Delta E/E) \cdot 100 \% = ( \text{---} / \text{---} ) \cdot 100 \% = \text{---} \%$$

$$\Delta r = E'_r \cdot r = \text{---} = \text{---} \text{ Ом.}$$

$$r = ( r_{np} \pm \Delta r ) \text{ Ом}, \quad E_r = \text{---} \%, \quad E = ( E_{np} \pm \Delta E ) \text{ В}, \quad E_e = \text{---} \%$$

$$r = ( \text{---} \pm \text{---} ) \text{ Ом}, \quad E_r = \text{---} \%,$$

$$E = ( \text{---} \pm \text{---} ) \text{ В}, \quad E_e = \text{---} \%$$

10. Проанализировав результат, сделайте вывод.

---



---



---



---

### Контрольные вопросы:

1. Чему равно напряжение на участке цепи, не содержащем источника тока?

---



---



---

2. Чему равно напряжение на участке цепи, где включен источник тока?

---

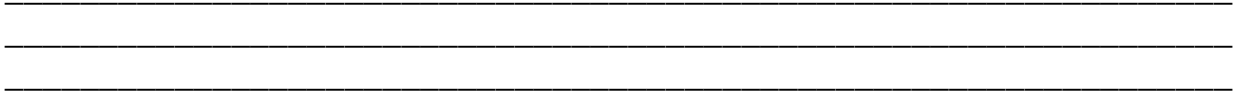


---



---

3. Что называют электродвижущей силой?





## Лабораторная работа № 15

### ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ

**Цель работы:** проверить законы тока, напряжения и сопротивления при последовательном и параллельном соединениях проводников.

**Оборудование:** источник постоянного тока на 4,5 В; резисторы на 1 Ом и 2 А (2 шт.); амперметр (3 шт.); вольтметр (3 шт.); ключ; соединительные провода.

#### Порядок выполнения работы:

##### I. Последовательное соединение

1. Соберите электрическую цепь, как изображено на рисунке 1.

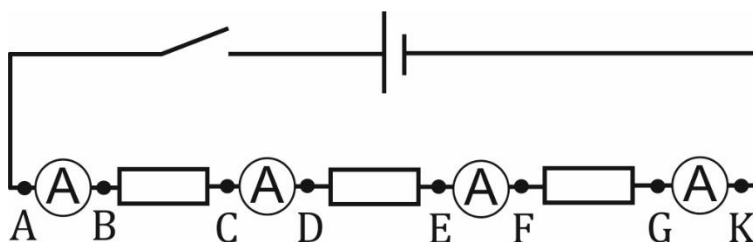


Рис. 1

2. Измерьте силу тока  $I$  в цепи между точками АВ ( $I_1$ ), CD ( $I_2$ ), EF ( $I_3$ ) и GK ( $I$ ).

$$I = \quad A$$

$$I_1 = \quad A$$

$$I_2 = \quad A$$

$$I_3 = \quad A$$

3. Подключите вольтметр к точкам АВ ( $U_1$ ), CD ( $U_2$ ), EF ( $U_3$ ) и AF ( $U$ ) (рис. 2).

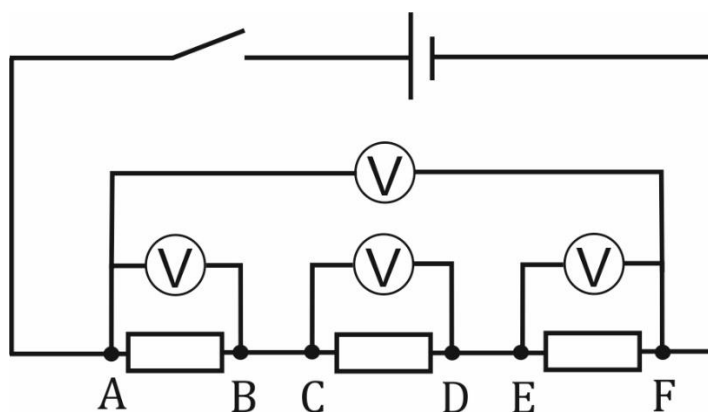


Рис. 2

4. Измерьте напряжение  $U$  на участке цепи и на концах каждого резистора:

$$U = A$$

$$U_1 = B$$

$$U_2 = B$$

$$U_3 = B$$

5. Вычислите сопротивление  $R$  всей цепи и каждого резистора по формуле

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

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

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Ом},$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Ом},$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{Ом}.$$

6. Сравните вычисленные значения  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  со значениями, указанными на резисторах, а также вычисленное значение полного сопротивления  $R$  цепи с суммарным сопротивлением и убедитесь в справедливости формулы  $R = R_1 + R_2 + R_3$ :

$$R = \quad + \quad + \quad = \quad \text{Ом}.$$

7. Сравните напряжение  $U$  на всем участке цепи с суммой напряжений  $U_1 + U_2 + U_3$  и убедитесь в справедливости формулы расчета напряжений для последовательного соединения проводников  $U = U_1 + U_2 + U_3$ :

$$U = \quad + \quad + \quad = \quad B.$$

8. Сравните силу тока  $I$  с силой тока на каждом из резисторов  $I_1$  и  $I_2$  и убедитесь в справедливости формулы для силы тока при последовательном соединении  $I = I_1 = I_2 = I_3$ .

$$I = \quad = \quad = \quad = \quad A.$$

9. Занесите результаты измерений и вычислений в таблицу:

$U_1,$ $B$	$U_2,$ $B$	$U_3,$ $B$	$U,$ $B$	$I_1,$ $A$	$I_2,$ $A$	$I_3,$ $A$	$I,$ $A$	$R_1,$ $Ом$	$R_2,$ $Ом$	$R_3,$ $Ом$	$R,$ $Ом$	$\Delta I,$ $A$	$\Delta U,$ $B$	$\Delta R,$ $Ом$	$E_R,$ $\%$

10. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности:

$$\Delta_u I = \quad A, \quad \Delta_o I = \quad A$$

$$\Delta I = \Delta_u I + \Delta_o I = \quad + \quad = \quad A$$

$$\Delta_u U = \quad B, \quad \Delta_o U = \quad B$$

$$\Delta U = \Delta_u U + \Delta_o U = \quad + \quad = \quad B$$

$$E_R = (\Delta U/U + \Delta I/I) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta R = E'_R \cdot R = \quad = \quad Ом$$

$$R = (R \pm \Delta R) Ом, \quad E_R = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$R = ( \quad \pm \quad ) Ом, \quad E_R = \quad \%$$

11. Проанализируйте результат, сделайте вывод о выполнимости законов тока, напряжения и сопротивления при последовательном соединении проводников.

Вывод:

---



---



---

## II. Параллельное соединение

1. Соберите электрическую цепь, изображенную на рисунке 3, соединив параллельно резисторы.

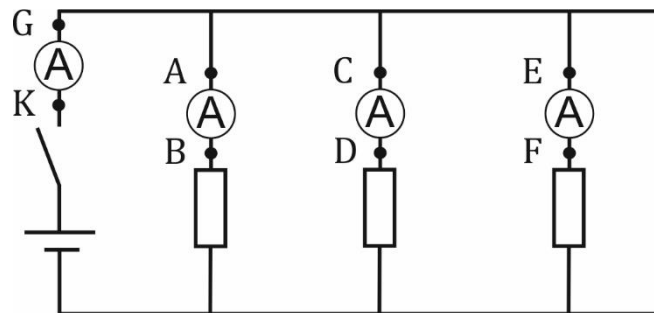


Рис. 3

2. Измерьте силу тока  $I$  в цепи между точками АВ ( $I_1$ ), CD ( $I_2$ ) EF ( $I_3$ ) и GK ( $I$ ):

$$I = \quad A$$

$$I_1 = \quad A$$

$$I_2 = \quad A$$

$$I_3 = \quad A$$

3. Подключите вольтметр к точкам АВ ( $U_1$ ), CD ( $U_2$ ), EF ( $U_3$ ) и GK ( $U$ ) (рис. 4):

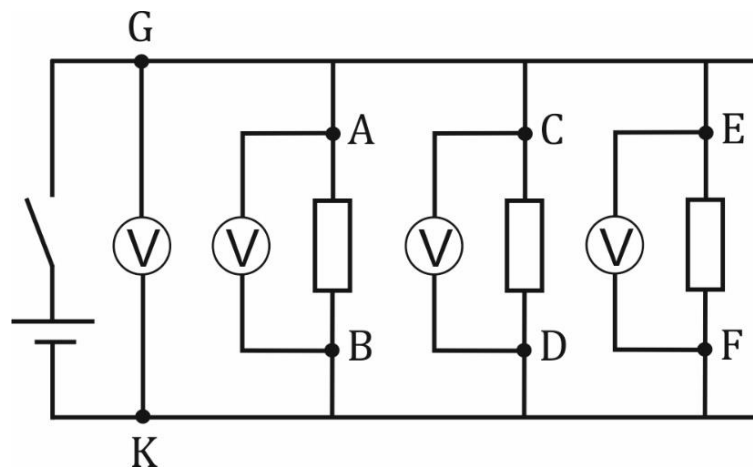


Рис. 4

4. Измерьте напряжение  $U$  на участке цепи и на концах каждого резистора:

$$U = A$$

$$U_1 = B$$

$$U_2 = B$$

$$U_3 = B$$

5. Вычислите сопротивление  $R$  всей цепи и каждого резистора

$$R = \frac{U}{I} = \text{-----} = \text{ Ом,}$$

$$R_1 = \frac{U_1}{I_1} = \text{-----} = \text{ Ом,}$$

$$R_2 = \frac{U_2}{I_2} = \text{-----} = \text{ Ом,}$$

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \text{-----} = \text{ Ом.}$$

6. Сравните вычисленные значения сопротивлений каждого из резисторов  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  со значениями, указанными на резисторах, а также вычисленное значение  $R$  в п. 4 со значением сопротивления, рассчитанного по формуле для параллельного соединения проводников  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ .

7. Убедитесь в справедливости формулы  $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ :

$$\frac{1}{R} = \quad + \quad + \quad = \quad \text{ Ом.}$$

8. Сравните напряжение  $U$  на всей цепи с напряжениями на каждом из резисторов  $U_1$ ,  $U_2$  и  $U_3$ .

9. Убедитесь в справедливости формулы напряжений  $U = U_1 = U_2 = U_3$  для параллельного соединения проводников:

$$U = \quad = \quad = \quad B.$$

10. Сравните силу тока  $I$  с суммой токов на каждом из резисторов  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$ .

11. Убедитесь в справедливости формулы расчета силы тока  $I = I_1 + I_2 + I_3$  при параллельном соединении:

$$I = \quad + \quad + \quad = \quad A.$$

12. Занесите результаты измерений и вычислений в таблицу:

$U_1,$ $B$	$U_2,$ $B$	$U_3,$ $B$	$U,$ $B$	$I_1,$ $A$	$I_2,$ $A$	$I_3,$ $A$	$I,$ $A$	$R_1,$ $\text{Ом}$	$R_2,$ $\text{Ом}$	$R_3,$ $\text{Ом}$	$R,$ $\text{Ом}$	$\Delta I,$ $A$	$\Delta U,$ $B$	$\Delta R,$ $\text{Ом}$	$E_R,$ $\%$

13. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta_u I = \quad A, \quad \Delta_o I = \quad A$$

$$\Delta I = \Delta_u I + \Delta_o I = \quad + \quad = \quad A$$

$$\Delta_u U = \quad B, \quad \Delta_o U = \quad B$$

$$\Delta U = \Delta_u U + \Delta_o U = \quad + \quad = \quad B$$

$$E_R = (\Delta U/U + \Delta I/I) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%$$

$$\Delta R = E'_R \cdot R = \quad = \quad \text{Ом}$$

$$R = (R \pm \Delta R) \text{ Ом}, \quad E_R = \quad \% \text{ (общий вид ответа)}$$

$$R = ( \quad \pm \quad ) \text{ Ом}, \quad E_R = \quad \%$$

14. Проанализируйте результат, сделайте вывод о выполнимости законов тока, напряжения и сопротивления при последовательном соединении проводников.

*Вывод:*

---



---



---

### ***Контрольные вопросы:***

1. Что произойдет с накалом нити лампы, если ошибочно включить вольтметр вместо амперметра при измерении силы тока в горячей лампе?

---



---



---

2. Что произойдет с величиной тока в цепи, если ошибочно включить амперметр вместо вольтметра при измерении напряжения на горячей лампе?

---



---



---

3. Елочная гирлянда спаяна из лампочек для карманного фонаря. При включении этой гирлянды в сеть на каждую лампочку приходится по 3 В. Почему опасно касаться рукой патрона, из которого выкрутили лампочку?

---



---



---

## Лабораторная работа № 16

### ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ И РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

**Цель работы:** определить мощность и работу тока в лампе, используя амперметр, вольтметр и часы.

**Оборудование:** источник постоянного тока на 4,5 В; низковольтная лампочка; амперметр; вольтметр; соединительные провода; ключ; часы.

#### Порядок выполнения работы:

1. Соберите электрическую цепь, как изображено на рисунке, и начертите ее схему.

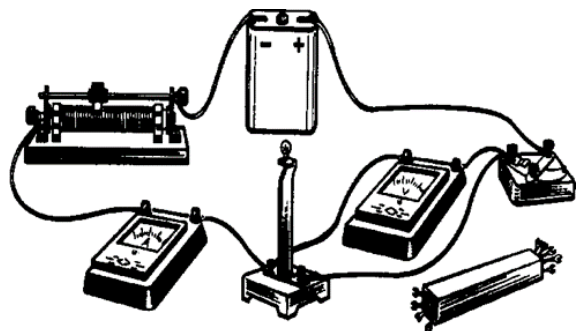


Рис.

2. Измерьте напряжение  $U$  на лампочке и силу тока  $I$  в цепи. Результаты измерения занесите в таблицу.
3. Заметьте время  $t$ , в течение которого была включена лампочка.
4. Опыт повторите три раза, каждый раз рассчитывая мощность и работу тока.

5. Рассчитайте мощность тока  $P$  в лампе по формуле  $P_{np} = IU$  :

$$P_{np1} = I_1 U_1 = \quad = \quad \text{Вт};$$

$$P_{np2} = I_2 U_2 = \quad = \quad \text{Вт};$$

$$P_{np3} = I_3 U_3 = \quad = \quad \text{Вт};$$

6. Рассчитайте среднее значение мощности тока в лампе по формуле

$$P_{np.cр.} = \frac{P_{np1} + P_{np2} + P_{np3}}{3} :$$

$$P_{np.cр.} = \quad = \quad \text{Вт}.$$

7. Рассчитайте работу тока в лампочке по формуле  $A_{np} = IUt$  :

$$A_{np1} = I_1 U_1 t_1 = \quad = \quad \text{Дж};$$

$$A_{np2} = I_2 U_2 t_2 = \quad = \quad \text{Дж};$$

$$A_{np3} = I_3 U_3 t_3 = \quad = \quad \text{Дж.}$$

8. Рассчитайте среднее значение мощности тока в лампе по формуле

$$A_{np.cp.} = \frac{A_{np1} + A_{np2} + A_{np3}}{3}.$$

$$A_{np.cp.} = \quad = \quad \text{Дж.}$$

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

№	$I, A$	$\Delta I, A$	$U, B$	$\Delta U, B$	$P, Вт$	$\Delta P, Вт$	$t, c$	$\Delta t, c$	$A, Дж$	$\Delta A, Дж$	$E_p, \%$	$E_A, \%$
1												
2												
3												
Ср.												

10. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta I = \Delta_u I + \Delta_o I, \quad \Delta_u I = \quad A, \quad \Delta_o I = \quad A,$$

$$\Delta I = \quad + \quad = \quad A.$$

$$\Delta U = \Delta_u U + \Delta_o U, \quad \Delta_u U = \quad B, \quad \Delta_o U = \quad B,$$

$$\Delta U = \quad + \quad = \quad B.$$

$$\Delta t = \Delta_u t + \Delta_o t, \quad \Delta_u t = 1 \text{ c за } 30 \text{ мин}, \quad \Delta_o t = \quad c.$$

$$\Delta t = \quad c.$$

$$E_p = (\Delta U/U_{cp} + \Delta I/I_{cp}) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%.$$

$$E_A = (\Delta U/U_{cp} + \Delta I/I_{cp} + \Delta t/t_{cp}) \cdot 100 \% = ( \quad + \quad + \quad ) \cdot 100 \% = \quad \%.$$

$$\Delta P = E'_p \cdot P_{np.cp} = \quad = \quad Вт.$$

$$\Delta A = E'_A \cdot A_{np.cp} = \quad = \quad Дж.$$

$$P = (P_{np.cp} \pm \Delta P) Вт, \quad E_p = \quad \% \quad (\text{общий вид ответа})$$

$$A = (A_{np.cp} \pm \Delta A) Дж, \quad E_A = \quad \% \quad (\text{общий вид ответа})$$

$$P = ( \quad \pm \quad ) Вт, \quad E_p = \quad \%.$$

$$A = ( \quad \pm \quad ) Дж, \quad E_A = \quad \%.$$

11. Проанализируйте результат и сделайте вывод.

---



---



---

### Контрольные вопросы:

1. Остается ли постоянной мощность, потребляемая лампочкой, при различном накале?

---



---

2. За счет какой энергии совершается работа при прохождении в цепи электрического тока?

---

---

---

3. На что расходуется мощность источника тока?

---

---

---



## Лабораторная работа № 17

### ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ИНДУКЦИИ И ПРОВЕРКА ПРАВИЛА ЛЕНЦА

*Цель работы:* познакомиться с явлением электромагнитной индукции и различными способами получения индукционного тока.

*Оборудование:* миллиамперметр; дугообразный магнит; катушка-моток провода.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Подключите катушку-моток провода к зажимам миллиамперметра, как показано на рисунке.

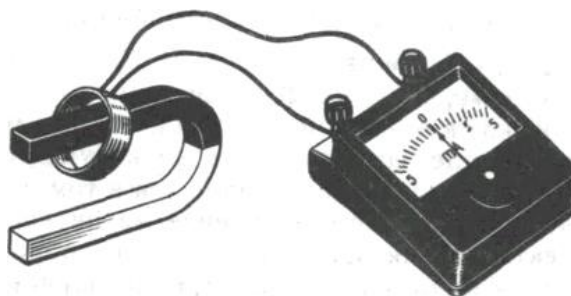


Рис.

2. Выполните действия, указанные в таблице:

№ опыта	Способ получения индукционного тока	$I, A$	$B, Tл$	$B_m, Tл$	$\Delta\Phi, Вб$
1	Внесите в катушку северный полюс магнита				
2	Удалите из катушки северный полюс магнита				
3	Внесите в катушку южный полюс магнита				
4	Удалите из катушки южный полюс магнита				

*Примечание.* При выполнении опытов вносите магнит с одной и той же стороны катушки, положение которой не меняйте.

3. Для каждого способа получения индукционного тока определите:
  - а) направление индукционного тока  $I$  в катушке;
  - б) направление вектора магнитной индукции поля индукционного тока  $\vec{B}$  в катушке;
  - в) направление вектора магнитной индукции поля магнита  $\vec{B}_m$  в катушке;
  - г) изменение магнитного потока магнита  $\Delta\Phi$  через катушку.

*Примечание.* Направление индукционного тока в катушке определяйте по направлению отклонения стрелки миллиамперметра и по направлению намотки витков катушки, направление вектора магнитной индукции поля индукционного тока в катушке – по правилу винта, направление вектора магнитной индукции поля магнита в катушке – по расположению полюсов магнита, изменение магнитного потока через катушку – по направлению движения магнита.

4. Результаты опытов занесите в соответствующие столбцы таблицы в виде условных обозначений:
  - а) направление индукционного тока  $I$  в катушке изобразите в виде дуговых стрелок « $\curvearrowright$ », « $\curvearrowleft$ »;
  - б) направление вектора магнитной индукции  $\vec{B}_m$  – в виде горизонтальных стрелок « $\rightarrow$ », « $\leftarrow$ »;
  - в) изменение магнитного потока  $\Delta\Phi$  – в виде знака « $+$ », если поток возрастает и в виде знака « $-$ », если магнитный поток убывает.
5. При приближении магнита к катушке – \_\_\_\_\_, а вектор магнитной индукции поля, образованного индукционным током в катушке, направлен \_\_\_\_\_, то есть магнитное поле индукционного тока как бы \_\_\_\_\_ магнитного потока, вызывающего этот ток.
6. При удалении магнита из катушки происходит \_\_\_\_\_, а вектор магнитной индукции поля индукционного тока и поля постоянного магнита имеют \_\_\_\_\_, то есть магнитное поле индукционного тока как бы \_\_\_\_\_ магнитного потока через катушку.
7. При увеличении скорости движения магнитов \_\_\_\_\_
8. На основе результатов эксперимента можно сделать *вывод*:  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Контрольные вопросы:**

1. Сформулируйте правило Ленца.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Какое явление называют электромагнитной индукцией.  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. При каких условиях в замкнутом контуре возникает индукционный ток?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 18

### НАБЛЮДЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ И ДИФРАКЦИИ

*Цель работы:* изучить характерные особенности интерференции и дифракции света.

*Оборудование:* химический стакан с мыльным раствором; проволочное кольцо диаметром 30 мм с ручкой.

#### *Порядок выполнения работы:*

1. Опустите в мыльный раствор проволочное кольцо и получите мыльную пленку (рис. 1).

*Примечание.* Устойчивую мыльную пленку можно получить из разбавленного водой шампуня с добавлением нескольких капель глицерина.

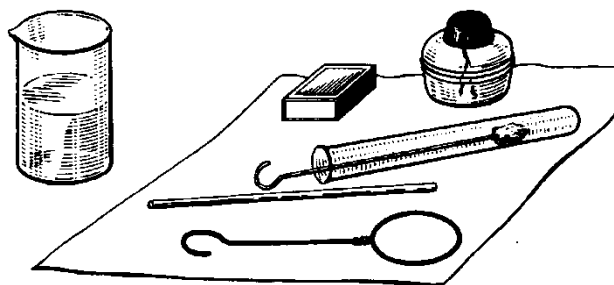
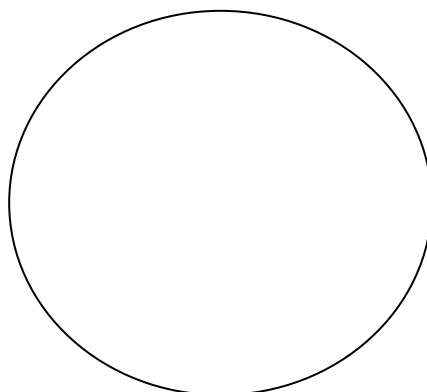


Рис. 1

2. Расположите мыльную пленку вертикально и рассмотрите ее на темном фоне при освещении желтым светом.
3. Зарисуйте интерференционную картину, полученную на пленке при освещении желтым светом спиртовки.



4. Пронаблюдайте образование темных и желтых горизонтальных полос и изменение их ширины по мере уменьшения толщины пленки, как показано на рисунке 2.

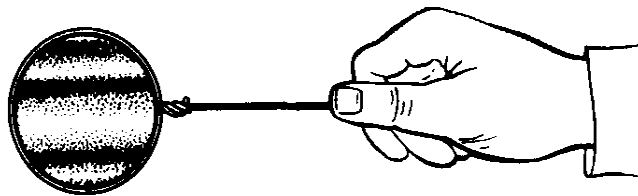
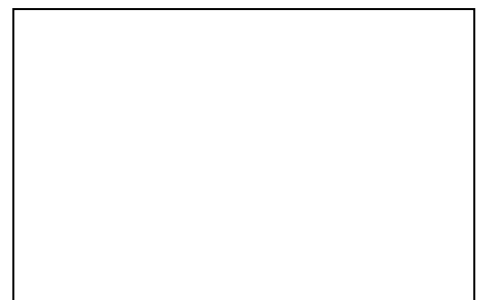


Рис. 2

5. Поверните кольцо с пленкой на некоторый угол по вертикали и через несколько секунд увидите горизонтально расположенные полосы.
6. **По проведенным наблюдениям сделайте вывод:**
  - 1) Появление темных и светлых полос объясняется \_\_\_\_\_
  - 2) Разность хода волн равна \_\_\_\_\_
  - 3) При вертикальном расположении пленка имеет клинообразную форму, поэтому разность хода световых волн будет меньше, чем в \_\_\_\_\_
  - 4) Светлые полосы наблюдаются в тех местах пленки, где разность хода \_\_\_\_\_
  - 5) Темные полосы наблюдаются в тех местах пленки, где разность хода \_\_\_\_\_
  - 6) Горизонтальное расположение полос объясняется \_\_\_\_\_
  - 7) Осветите мыльную пленку белым светом лампы или из окна и обратите внимание, в какие цвета и в каком порядке произошло окрашивание полос в спектральные цвета. Объясните зависимость расположения полос (вверху – синий цвет, а внизу – красный цвет) \_\_\_\_\_
7. Объясните, почему полосы не остаются на месте, а, расширяясь, сохраняют свою форму и перемещаются вниз, а изменение ширины полос происходит \_\_\_\_\_ в зависимости от \_\_\_\_\_

### **Контрольные вопросы:**

1. Чем объясняется расцветка крыльев стрекоз, жуков и прочих насекомых?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. Начертите интерференционную картину (кольца Ньютона) и запишите формулу зависимости радиуса кольца от длины волны света.
3. На поверхности грампластинки, рассматриваемой под небольшим углом, видны цветные полосы. Как объяснить это явление?



## Лабораторная работа № 19

### ИЗМЕРЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА

**Цель работы:** определить показатель преломления стеклянной пластины и ознакомиться с одним из методов измерения скорости света в веществе.

**Оборудование:** лазерная указка; трапециевидная прозрачная пластинка со скошенными гранями; полиуретановый коврик; комплект булавок; лист белой бумаги.

#### Порядок выполнения работы:

1. Положите на лист бумаги с подложенным под него полиуретановым ковриком трапециевидную пластинку и обведите ее контуры.
2. Наколите с одной стороны пластины две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна грани пластины.
3. Направьте луч лазера от лазерной указки через трапециевидную пластинку так, чтобы он проходил через две булавки.
4. Наколите с другой стороны пластинки еще две булавки так, чтобы все булавки были расположены на линии лазерного луча.
5. Снимите пластинку и булавки, отметьте места наколов точками 1, 2, 3, 4 и проведите через них линии, как показано на рисунке, до пересечения с границами стекла.

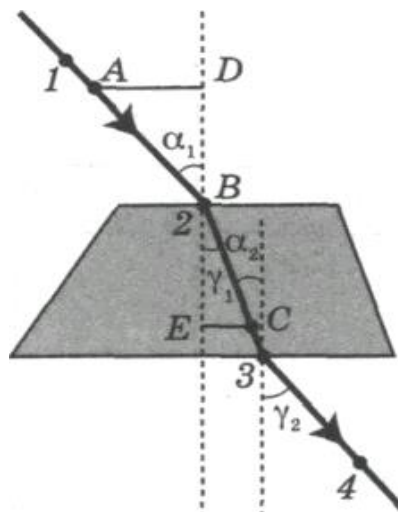


Рис.

6. Соедините точки 2 и 3 и получите направление луча света лазера.
7. Проведите через точки 2 и 3 перпендикуляры к преломляющим поверхностям.
8. Измерьте с помощью транспортира угол падения  $\alpha_1$  и угол преломления  $\gamma_1$  и определите синусы измеренных углов.

9. Вычислите показатель преломления  $n$  стекла, используя формулу

$$n_1 = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_1} :$$

$$n_1 = \quad =$$

10. Повторите измерения угла падения  $\alpha_2$  и угла преломления  $\gamma_2$ .

11. Вычислите показатель преломления стекла по формуле  $n_2 = \frac{\sin \alpha_2}{\sin \gamma_2} :$

$$n_2 = \quad =$$

12. Запишите результаты измерений и вычислений в таблицу:

<i>№ опыта</i>	$\alpha$	$\sin \alpha$	$\gamma$	$\sin \gamma$	$n$	$n_{cp}$
1						
2						

13. Вычислите среднее значение показателя преломления стекла по формуле

$$n_{cp} = \frac{n_1 + n_2}{2} :$$

$$n_{cp} = \quad =$$

*Вывод:*

---



---



---



---



---

### **Контрольные вопросы:**

1. Каков физический смысл показателя преломления?

---



---



---

2. Запишите формулу для расчета показателя преломления.

---



---

3. Какую физическую величину называют абсолютным показателем преломления?

---



---



---

## Лабораторная работа № 20

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

**Цель работы:** определить длину световой волны для красного света спектральной картины.

**Оборудование:** дифракционная решетка с экраном; лампа накаливания.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Соберите измерительную установку, как изображено на рисунке 1.

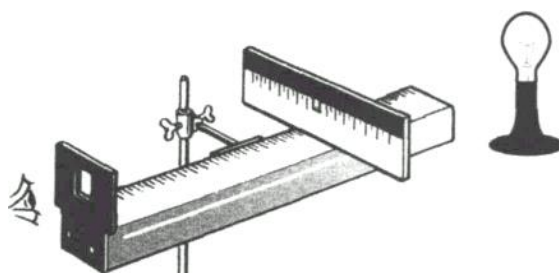


Рис. 1.

2. Установите экран на максимально возможном расстоянии от решетки.
3. Направьте ось прибора на источник света. Глядя на лампу накаливания через дифракционную решетку и щель в экране, наблюдайте по обе стороны от щели дифракционные спектры.
4. Рассматривая щель в экране сквозь дифракционную решетку, наблюдайте дифракционные спектры. Установите решетку в держателе так, чтобы полосы спектра располагались параллельно шкале экрана.
5. По данным дифракционной решетки определите ее период:

$$d = \quad = \quad \text{м.}$$

*Примечание.*

Максимумы дифракционной решетки определяются по формуле  $d \sin \varphi = k\lambda$ , где  $d$  – период дифракционной решетки;  $\varphi$  – угол, под которым наблюдается максимум света соответствующего цвета;  $n$  – порядок спектра;  $\lambda$  – длина волны.

Так как максимумы спектров первого и второго порядков наблюдаются под малыми углами, то  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{a}$ , где  $b$  – расстояние от щели до выbranной линии спектра;  $a$  – расстояние от решетки до экрана (см. рис. 2).

$$\text{Тогда длина волны } \lambda = \frac{db}{na}.$$

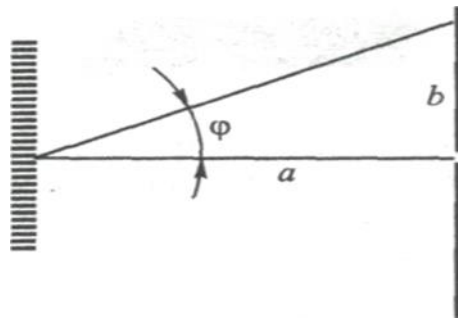


Рис. 2

6. Измерьте расстояние от дифракционной решетки до экрана ( $a$ ) и расстояние от щели в экране до середины красного цвета в спектре первого порядка слева от щели ( $b_1$ ).

7. Вычислите длину волны красного цвета:

$$\lambda_1 = \frac{db_1}{na} = \quad = \quad = m$$

8. Измерьте расстояние от щели в экране до середины красной линии в спектре первого порядка справа от щели ( $b_2$ ).

9. Вычислите длину волны красного цвета:

$$\lambda_2 = \frac{db_2}{na} = \quad = \quad = m$$

10. Найдите среднее значение длины волны  $\lambda_{cp}$ :

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \quad = \quad m$$

11. Результаты измерений и вычислений (п.п. 6–9) запишите в таблицу:

№	Порядок спектра $n$	$d, m$	$a, m$	$b, m$	$\lambda, m$	$\lambda_{cp}, m$
1						
2						

12. Определите расстояние от дифракционной решетки до экрана ( $a$ ) и расстояние от щели в экране до середины фиолетового, зеленого и красного цвета в спектре первого порядка слева от щели ( $b_1$ ):

$$\lambda_1 = \frac{db_1}{na} = \quad = \quad m \text{ (фиолетовый);}$$

$$\lambda_1 = \frac{db_1}{na} = \quad = \quad m \text{ (зеленый);}$$

$$\lambda_1 = \frac{db_1}{na} = \quad = \quad m \text{ (красный).}$$



13. Измерьте и занесите в таблицу расстояние от дифракционной решетки до экрана ( $a$ ) и расстояние от щели в экране до середины фиолетового, зеленого и красного цвета в спектре первого порядка справа от щели ( $b_2$ ):

$$\lambda_2 = \frac{db_2}{na} = \quad = \quad m \text{ (фиолетовый);}$$

$$\lambda_2 = \frac{db_2}{na} = \quad = \quad m \text{ (зеленый);}$$

$$\lambda_2 = \frac{db_2}{na} = \quad = \quad m \text{ (красный).}$$

14. Найдите среднее значение длины волны  $\lambda_{cp}$  для фиолетового, зеленого и красного края спектра по формуле:

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \quad = \quad m \text{ (фиолетовый);}$$

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \quad = \quad m \text{ (зеленый);}$$

$$\lambda_{cp} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} = \quad = \quad m \text{ (красный).}$$

15. Занесите в таблицу результаты измерений и вычислений.

$N_2$	Порядок спектра $n$	Цвет	$d, м$	$a, м$	$b, м$	$\lambda, м$	$\lambda_{cp}, м$	
1.		красный						
2.								
1.		зеленый						
2.								
1.		фиолетовый						
2.								

16. Сравните полученные результаты с табличными данными и сделайте вывод.

Цвет полосы	Красный	Желтый	Оранжевый	Зеленый	Голубой	Синий	Фиолетовый
Табличные значения длин волн	$(6.2 - 7.6) \cdot 10^{-7}$	$(5.75 - 5.85) \cdot 10^{-7}$	$(5.9 - 6.1) \cdot 10^{-7}$	$(5.1 - 5.5) \cdot 10^{-7}$	$(4.8 - 5.1) \cdot 10^{-7}$	$(4.5 - 4.8) \cdot 10^{-7}$	$(3.8 - 4.5) \cdot 10^{-7}$

17. Рассчитайте абсолютные и относительные погрешности.

$$\Delta b = \Delta a = \Delta_u b + \Delta_o b,$$

$$\Delta_u b = \text{мм} = \text{м}, \quad \Delta_o b = \text{мм} = \text{м}.$$

$$\Delta b = \Delta a = \quad + \quad = \text{м}.$$

Красный:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Оранжевый:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Желтый:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Зеленый:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Голубой:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Синий:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

Фиолетовый:

$$E_\lambda = \left( \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b} \right) \cdot 100\% = \left( \text{---} + \text{---} \right) \cdot 100\% = \quad \%$$

$$\text{Красный} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Оранжевый} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Желтый} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Зеленый} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Голубой} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Синий} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м},$$

$$\text{Фиолетовый} \quad \Delta \lambda = E'_\lambda \lambda = \quad = \quad \text{м}.$$

$\lambda = (\lambda \pm \Delta\lambda)_m$ ,  $E_\lambda = \dots\dots\dots\%$  (общий вид ответа)

Красный	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Оранжевый	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Желтый	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Зеленый	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Голубой	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Синий	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$
Фиолетовый	$\lambda = ($	$\pm$	$)_m$ , $E_\lambda =$	$\%$

*Вывод:*

---

---

---

---

---

***Контрольные вопросы:***

1. В каких пределах длин волн лежит видимая область спектра?

---

---

---

2. Чем отличаются друг от друга дифракционные решетки 1:100 и 1:600?

---

---

---

3. Сколько порядков спектра можно получить от дифракционной решетки 1:100, 1:600?

---

---

---

## Лабораторная работа № 21

### НАБЛЮДЕНИЕ СПЕКТРОВ ИСПУСКАНИЯ И ПОГЛОЩЕНИЯ

*Цель работы:* пронаблюдать спектры поглощения твердых тел.

*Оборудование:* лампа с прямой нитью накала; трапециевидная стеклянная пластинка; набор светофильтров (красный, зеленый, синий).

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Включите электрическую лампочку с прямой нитью накала в затемненном классе.

*Примечание.* В случае отсутствия лампы с прямой нитью накала ее можно заменить лампой проекционного аппарата без объектива. На пути светового потока установите диапозитивную рамку с непрозрачной пластинкой, в которой вырезана вертикальная щель шириной 5 мм и высотой 50 мм. Щель заклеивают калькой.

2. Возьмите в руки стеклянную призму с косыми гранями и расположите ее перед глазом таким образом, чтобы ее преломляющее ребро было параллельно нити лампы, и смотрите через нее на источник света с преломляющим углом  $60^\circ$ , как показано на рисунке.

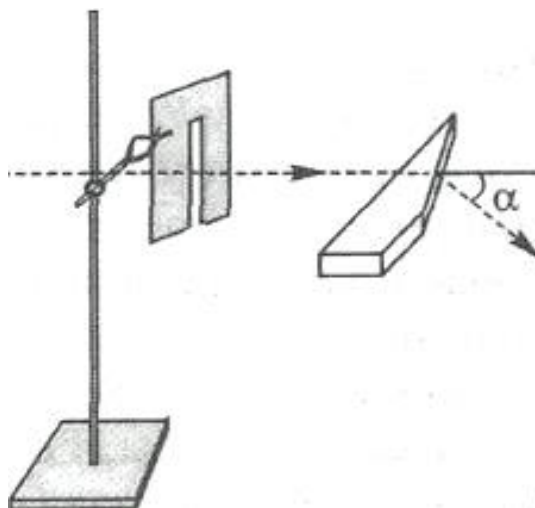


Рис.

3. Поверните голову вместе с призмой таким образом, чтобы можно было увидеть сплошной спектр испускания раскаленной нити лампы. Слегка поворачивая призму вокруг своей оси, добейтесь чистого и широкого спектра.
4. Зарисуйте наблюдаемые спектры испускания раскаленной лампой в таблицу 1.

Таблица 1

<i>Угол между гранями пластины</i>	<i>Спектр</i>
<i>45°</i>	
<i>60°</i>	

5. Полученный сплошной спектр испускания рассмотрите через светофильтры. Поочередно загораживайте часть нити лампы красным, зеленым и синим светофильтрами.
6. Сравните спектры поглощения и сплошной спектр испускания без светофильтров.
7. Результаты наблюдений занесите в таблицу 2.

Таблица 2

<i>Светофильтры</i>	<i>Красный</i>	<i>Зеленый</i>	<i>Синий</i>
<i>Виды спектров</i>			
<i>Сплошной</i>			
<i>Поглощения</i>			

8. *Вывод:*

---



---



---

***Контрольные вопросы:***

1. Какие изменения в спектре электрической лампы происходят при ее постепенном накаливании?

---



---



---

2. Наблюдая за искрой, проскакивающей между электродами из неизвестных сплавов, можно определить химический состав этих сплавов. Каким образом это можно сделать?

---

---

---

3. Исследуя спектры Луны, можно судить о составе ее поверхности. Почему это возможно?

---

---

---

## Лабораторная работа № 22

### ИЗУЧЕНИЕ ТРЕКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ПО ГОТОВЫМ ФОТОГРАФИЯМ

*Цель работы:* научиться анализировать фотографии треков заряженных частиц, сфотографированных в камере Вильсона, пузырьковой камере и методом фотоэмульсии.

*Оборудование:* фотографии треков заряженных частиц, полученных в камере Вильсона, пузырьковой камере и на фотоэмульсии.

Треки заряженных частиц в камере Вильсона представляют собой цепочки микроскопических капелек жидкости (воды или спирта), образовавшиеся вследствие конденсации пересыщенного пара этой жидкости на ионах, расположенных вдоль траектории заряженной частицы; в пузырьковой камере – цепочки микроскопических пузырьков пара перегретой жидкости, образовавшихся на ионах; в фотоэмульсии – цепочки зерен металлического серебра, образовавшихся на ионах. Треки показывают траекторию движения заряженных частиц.

Длина трека зависит от начальной энергии заряженной частицы и плотности окружающей среды: она тем больше, чем больше энергия частицы и чем меньше плотность среды.

Толщина трека зависит от заряда и скорости частицы: она тем больше, чем больше заряд частицы и чем меньше ее скорость.

При движении заряженной частицы в магнитном поле трек ее получается искривленным. Радиус кривизны зависит от массы, заряда, скорости частицы и модуля индукции магнитного поля: он тем больше, чем больше масса и скорость частицы и чем меньше ее заряд и модуль индукции магнитного поля.

По изменению радиуса кривизны трека можно определить направление движения частицы и изменение ее скорости: в начале движения скорость больше там, где больше радиус кривизны трека.

#### ***Порядок выполнения работы:***

1. Проанализируйте фотографию (рис. 1), на которой изображены треки  $\alpha$ -частиц в камере Вильсона и ответьте на вопросы:

- 1) В каком направлении двигались  $\alpha$ -частицы? \_\_\_\_\_
- 2) Почему длина треков  $\alpha$ -частиц примерно одинакова? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

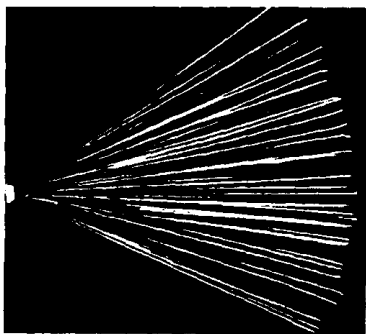


Рис. 1

3) Почему толщина треков  $\alpha$ -частиц к концу пробега немного увеличивается?

---

---

---

---

---

---

4) Почему некоторые  $\alpha$ -частицы оставляют треки только в конце своего пробега? \_\_\_\_\_

---

2. Проанализируйте фотографию (рис. 2), на которой изображены треки  $\alpha$ -частиц в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле и ответьте на вопросы:



Рис. 2

1) В какую сторону двигалась  $\alpha$ -частица?

---

---

---

---

---

2) Почему треки  $\alpha$ -частиц искривлены? \_\_\_\_\_

3) Как был направлен вектор магнитной индукции? \_\_\_\_\_

4) Почему изменяются радиус кривизны и толщина треков  $\alpha$ -частиц к концу их пробега? \_\_\_\_\_

---

3. Проанализируйте фотографию (рис. 3), на которой изображен трек электрона в жидководородной пузырьковой камере, помещенной в магнитное поле и ответьте на вопросы:

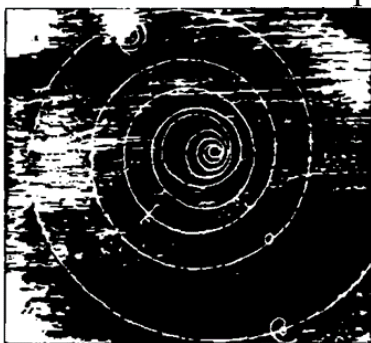


Рис. 3

1) Почему трек электрона имеет форму спирали?

---

---

---

---

---

---



- 2) В каком направлении двигался электрон? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 3) Как был направлен вектор магнитной индукции? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4. Проанализируйте фотографию (рис. 4), на которой изображены треки ядер атомов магния, кальция и железа в фотоэмульсии и ответьте на вопросы:

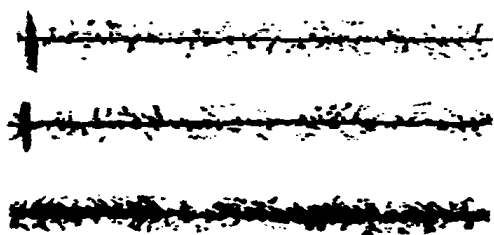


Рис. 4

1) Почему треки ядер атомов имеют разную толщину?

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

- 2) Какой трек принадлежит ядру атома магния, кальция и железа? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 3) Какой вывод можно сделать из сравнения толщины треков ядер атомов различных элементов? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
- 4) Чем отличаются треки частиц, полученные в фотоэмульсии (рис. 4), от треков частиц, полученных в камере Вильсона (рис. 2) и пузырьковой камере (рис. 3)? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

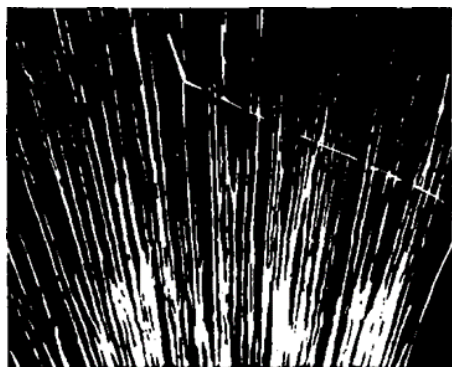


Рис. 5

5. Проанализируйте фотографию (рис. 5), на которой запечатлен захват  $\alpha$ -частицы ядром атома азота.

В результате взаимодействия образовались две частицы, одна из которых

\_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

*Примечание.* Взаимодействие  $\alpha$ -частицы с ядрами атомов азота происходит редко.

- 1) Определите неизвестный элемент \_\_\_\_\_
  - 2) На основе законов сохранения электрического заряда и числа нуклонов определите численные значения индексов  $M$  и  $Z$  \_\_\_\_\_
  - 3) Определите ядро неизвестного элемента, образовавшегося в результате захвата  $\alpha$ -частицы ядром атома, \_\_\_\_\_
  - 4) Запишите окончательное уравнение ядерной реакции \_\_\_\_\_
- 

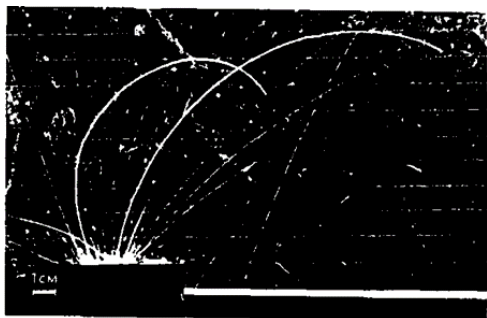


Рис. 6

6. Рассмотрите фотографию (рис. 6) треков заряженных частиц, двигавшихся в магнитном поле.

- 1) Найдите на фотографии два наиболее толстых искривленных трека.
- 2) Осторожно перенесите оба трека на кальку.

- 3) Измерьте радиусы кривизны с помощью измерительной линейки, учитывая масштаб снимка. \_\_\_\_\_

*Примечание.* На заряженную частицу, которая движется в магнитном поле, действует сила Лоренца, вектор которой перпендикулярен вектору скорости частицы. Эта сила является центростремительной силой ( $F_l = F_{ц}$ ).

*Вывод:*

---



---

### **Контрольные вопросы:**

1. Скорость  $\alpha$ -частицы в среде в 15 раз меньше скорости  $\beta$ -частицы. Почему  $\beta$ -частица слабее отклоняется магнитным полем?

---



---

2. Бомбардируя бор  $^{11}_5B$  быстрыми движущимися протонами, в камере Вильсона получают три почти одинаковых следа частиц, направленные в разные стороны. Какие это частицы?

---



---

3. От чего зависит радиус кривизны трека при движении частицы в магнитном поле?

---



---

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гоциридзе, Г.Ш. Практические и лабораторные работы по физике. 7–11 классы [Текст] / под ред. Н.А. Парфентьевой. – М. : Классик Стиль, 2002. – 96 с.
2. Разноуровневые тестовые задания по физике для основной школы. 7–9 классы [Текст] : учеб. пособие для общеобразоват. учреждений / авт.-сост. Н.Б. Федорова, Н.И. Ермаков, О.В. Кузнецова, М.А. Борисова ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2011. – 288 с.
3. Кабардин, О.Ф. Физика. Лабораторные работы. 7–9 кл. [Текст] : учеб. пособие для общеобразоват. учреждений / О.Ф. Кабардин, С.И. Кабардина. – М. : Астрель : АСТ, 2000.
4. Фронтальные лабораторные работы по физике. 10 класс [Текст] : учеб. пособие для общеобразоват. учреждений / авт.-сост. Н.Б. Федорова, А.В. Ельцов, В.А. Степанов, М.Н. Соловьева ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2008. – 52 с.
5. Фронтальные лабораторные работы по физике. 11 класс [Текст] : учеб. пособие для общеобразоват. учреждений / авт.-сост. Н.Б. Федорова, А.В. Ельцов, В.А. Степанов ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2009. – 52 с.
6. Фронтальные лабораторные работы по физике. 7–9 класс [Текст] : учеб. пособие для общеобразоват. учреждений / Н.Б. Федорова, А.В. Ельцов, В.А. Степанов ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2008. – 76 с.
7. Буров, В.А. Фронтальные экспериментальные задания по физике. 9 класс. Дидактический материал [Текст] : пособие для учителя / В.А. Буров [и др.]. – М. : Просвещение, 1986. – 64 с.

# СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## Основная

1. Лабораторные занятия по физике [Текст] : учеб. пособие / под ред. Л.Л. Гольдина. – Л. ; М. : Наука, 1983. – 704 с.
2. Фронтальные лабораторные занятия по физике в 7–11 классах общеобразовательных учреждений [Текст] : кн. для учителя / под ред. В.А. Бурова, Г.Г. Никифорова. – М. : Просвещение : Учеб. лит., 1996. – 367 с.
3. Разумовский, В.Г. Проверка и оценка успеваемости учащихся по физике. 7–11 кл. [Текст] : кн. для учителя / В.Г. Разумовский [и др.] ; под ред. В.Г. Разумовского. – М. : Просвещение : Учеб. лит., 1996. – 189 с.
4. Оценка качества подготовки выпускников основной школы по физике [Текст] / сост. В.А. Коровин. – 2-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2001. – 192 с.
5. Тульчинский, М.Е. Качественные задачи по физике в средней школе [Текст] : пособие для учителей. – изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Просвещение, 1972. – 240 с.

## Дополнительная

1. Перышкин, А.В. Физика. 7 класс [Текст] : учеб. для общеобразоват. учреждений. – 2-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2013. – 221 с.
2. Перышкин, А.В. Физика. 8 класс [Текст] : учеб. – 2-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2014. – 237 с.
3. Перышкин, А.В. Физика. 9 класс [Текст] : учеб. / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. – 2-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2014. – 319 с.
4. Мякишев, Г.Я. Физика. 10 класс [Текст] : базовый уровень : учеб. для общеобразоват. организаций / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский ; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М. : Просвещение, 2014. – 416 с.
5. Мякишев, Г.Я. Физика. 11 класс [Текст] : базовый уровень : учеб. для общеобразоват. организаций / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин ; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М. : Просвещение, 2014. – 432 с.
6. Федорова, Н.Б. Методика комплексного подхода к организации и управлению образовательным процессом при изучении физики в современной школе [Текст] : моногр. / Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2012. – 240 с.
7. Федорова, Н.Б. Непрерывное физическое образование [Текст] : моногр. / Н.Б. Федорова, О.В. Кузнецова ; Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. – Рязань, 2016. – 224 с.

Учебное издание

ФРОНТАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО ФИЗИКЕ  
ДЛЯ СРЕДНЕЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

Практикум

Авторы-составители:

*Федорова Наталья Борисовна*

*Кузнецова Ольга Викторовна*

Редактор Т.Н. Свитнева

3,34 МВ. Подписано к использованию 29.01.2018. Тираж 20 CD-ROM.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»

390000, г. Рязань, ул. Свободы, 46; info@rsu.edu.ru

Тел.: +7 (4912) 28-03-89 (общий отдел)

Редакционно-издательский центр РГУ имени С.А. Есенина

390000, г. Рязань, ул. Ленина, 20а

Минимальные системные требования:

тип компьютера: IBM/PC, процессор x86, частота: 1,3 ГГц,

256 MB RAM, свободное место на HDD 25 MB, Windows XP и выше,

Acrobat Reader 3.0 или старше, дисковод для оптических дисков, мышь.