

Министерство образования и науки Республики Бурятия  
Иволгинский филиал  
ГАПОУ РБ «Бурятский республиканский техникум автомобильного транспорта»

Рассмотрено  
на заседании цикловой комиссии ООД  
Протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.  
Председатель: \_\_\_\_\_/Сампилова Т.Н./

Утверждаю:  
Заведующий УМР  
\_\_\_\_\_/Доржиева С.К./  
«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

**Методические указания  
по выполнению лабораторных работ  
по дисциплине Физика  
для студентов I курса**

Преподаватель Сампилова Т.Н.

с. Иволгинск, 2017 г.

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

Цель настоящего пособия— оказать помощь учащимся в подготовке и выполнении лабораторных работ, а также облегчить работу преподавателя по организации и проведению лабораторных занятий.

Пособие содержит описания всех предусмотренных новой программой работ и дополнительных, которыми могут быть заменены (при отсутствии необходимого оборудования) основные работы.

Проводить лабораторные занятия целесообразно в порядке изучения программного материала.

Для более эффективного выполнения лабораторных работ необходимо повторить соответствующий теоретический материал, а на занятиях прежде всего внимательно ознакомиться с содержанием работы и оборудованием.

В ходе работы необходимо строго соблюдать правила по технике безопасности; все измерения производить с максимальной тщательностью; для вычислений использовать микрокалькулятор.

### **ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ:**

#### **ДО НАЧАЛА РАБОТЫ**

Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, уясните ход ее выполнения.

#### **ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ**

1. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания учителя.
2. Не оставляйте рабочее место без разрешения учителя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном учителем.
4. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.
5. Производите сборку электрических цепей, переключения в них, монтаж и ремонт электрических устройств только при отключенном источнике питания.
6. Не включайте источники электропитания без разрешения учителя.
7. Проверяйте наличие напряжения на источнике питания или других частях электроустановки с помощью указателя напряжения.
8. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники, при сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно зажимайте клеммами. Выполняйте наблюдения и измерения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).
9. Не прикасайтесь к конденсаторам даже после отключения электрической цепи от источника электропитания: их сначала нужно разрядить.

#### **ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ РАБОТЫ**

\* По окончании работы отключите источники электропитания, после чего разберите электрическую цепь.

\* Обнаружив неисправность в электрических устройствах, находящихся под напряжением, немедленно отключите источники электропитания и сообщите об этом учителю.

### **Правила выполнения лабораторных работ**

1. Выполнению каждой лабораторной работы предшествует самостоятельная предварительная подготовка студентов путем изучения описания лабораторной работы, задания и порядка выполнения работы.
2. К выполнению работы допускаются только подготовленные студенты. Поэтому вначале занятия преподаватель проводит проверку готовности каждого студента путем устного собеседования или с помощью технических средств в объеме материала, указанного в описании лабораторной работы.
3. В процессе выполнения работы результаты эксперимента аккуратно оформляются в рабочих листках в виде таблиц, графиков.

4. По окончании работы студент представляет рабочий листок преподавателю для проверки и отметки о выполнении. Самовольный уход студентов из лаборатории не допускается.
5. По результатам лабораторной работы каждый студент должен оформить отчет и защитить работу.
6. При выполнении лабораторных работ необходимо соблюдать правила технической безопасности.
7. Рабочее место в лаборатории должно быть оставлено в полном порядке: приборы должны стоять на положенных местах.

После окончания работы каждый учащийся в специальной тетради составляет отчет по следующей схеме:

1. Фамилию и инициалы студента;
2. номер группы;
3. наименование работы;
4. номер лабораторной работы;
5. перечень приборов;
6. цель работы;
7. характеристика приборов;
8. рисунок установки и метод измерений;
9. расчетная формула и ее расшифровка;
10. все расчеты проводить в системе СИ;
11. результаты измерений в виде таблиц, графиков;
12. погрешности измерений (относительная и абсолютная)
13. выводы по работе и оценка результатов;
14. дата выполнения работы и личная подпись.

Небрежное оформление отчета, исправление уже написанного недопустимы.

В конце урока преподаватель ставит зачет, который складывается из результатов наблюдения за выполнением практической части работы, проверки отчета, беседы в ходе работы или после нее.

Все лабораторные работы должны быть выполнены и защищены в сроки, определяемые программой или календарным планом преподавателя. Учащиеся, не получившие зачет, к экзамену не допускаются.

#### **Перечень лабораторных работ**

№	Наименование
1.	Исследование движения тела под действием постоянной силы.
2.	Проверка закона Бойля-Мариотта
3.	Измерение относительной влажности воздуха.
4.	Измерение поверхностного натяжения жидкости.
5.	Исследование последовательного соединения проводников*
6.	Исследование параллельного соединения проводников
7.	Определение коэффициента полезного действия электрического чайника. *
8.	Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания, от напряжения на ее зажимах.
9.	Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника напряжения.
10.	Изучение явления электромагнитной индукции.
11.	Изучение зависимости периода колебаний нитяного (или пружинного) маятника от длины нити (или массы груза).
12.	Изучение устройства и работы трансформатора
13.	Определение показателя преломления стекла.
14.	Наблюдение интерференции и дифракции света.
15.	Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.*
Дополнительные работы	
16.	Определение температурного коэффициента сопротивления меди
17.	Наблюдение спектров испускания и поглощения.

\*- лабораторные работы, не предусмотренные программой естественно-научного профиля

## СВЕДЕНИЯ О ПРИБЛИЖЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЯХ

При работе с приближенными числами необходимо соблюдать следующие правила:

1. При сложении и вычитании приближенных чисел в конечном результате следует сохранять столько десятичных знаков, сколько их имеет наименее точное данное (число с наименьшим числом десятичных знаков).

2. В результате, полученном после умножения и деления, следует сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет наименее точное данное.

3. При возведении приближенного числа в квадрат и куб следует сохранять в результате столько значащих цифр, сколько их имеет возводимое в степень приближенное число.

4. При извлечении квадратного и кубического корней из приближенного числа следует сохранять в результате столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное выражение.

5. При выполнении промежуточных результатов необходимо брать одной цифрой больше, чем рекомендуют предыдущие правила.

Выполнение лабораторных работ связано с измерениями физических величин. Измерения не дают возможности получить абсолютно точные результаты. Ошибки (погрешности), возникающие при измерениях, объясняются несовершенством методов измерения, измерительных приборов, условиями опыта. Для исключения случайных ошибок и повышения степени точности необходимо производить всегда несколько измерений (минимум три), а затем найти среднее арифметическое. Например, определяя длину какого-либо тела, необходимо измерить ее по краям и в средней части. Результаты трех измерений сложить и разделить на три.

Разность между истинным и измеренным значениями искомой величины называется абсолютной погрешностью  $\Delta x$ :

$$\Delta x = |x_{ист} - x|.$$

Отношение абсолютной погрешности к действительному значению измеренной величины называется относительной погрешностью измерения  $\delta$ :

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_{ист}} 100\%$$

Если истинное значение искомой величины неизвестно, то для определения погрешностей можно воспользоваться методом среднего арифметического:

1. Производят измерение искомой величины  $x$  несколько раз и среднее арифметическое результатов этих измерений принимают за истинное значение измеренной величины:

$$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} = x_{cp} = x_{ист}$$

2. Находят абсолютные погрешности каждого измерения:

$$\Delta x_1 = |x_1 - x_{cp}|; \Delta x_2 = |x_2 - x_{cp}|; \Delta x_3 = |x_3 - x_{cp}|;$$

Определяют среднее арифметическое этих погрешностей

$$\frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3}{3} = \Delta x_{cp}$$

и принимают его за абсолютную погрешность измерения.

3. Находят относительную погрешность  $\delta$ :

$$\delta = \frac{\Delta x_{cp}}{x_{cp}} 100\%$$

При косвенных измерениях искомой величины погрешности можно определить по одному из следующих методов:

I. *Способ оценки результатов измерений.* В этом случае погрешности вычисляют по формулам теории приближенных вычислений, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

№ п/п	Математическая операция	Погрешности	
		абсолютная $\Delta x$	относительная $\delta$
1.	$x = AB$	$A\Delta B + B\Delta A$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$

2.	$x = \frac{A}{B}$	$\frac{B\Delta A + A\Delta B}{B^2}$	$\frac{\Delta A}{A} + \frac{\Delta B}{B}$
3.	$x = A^2$	$2A\Delta A$	$\frac{2\Delta A}{A}$
4.	$x = \sqrt{A}$	$\frac{1}{2} A\Delta A$	$\frac{\Delta A}{2A}$

Истинное значение измеряемой величины

$$x_{ист} = x \pm \Delta x; \quad (x - \Delta x) < x_{ист} < (x + \Delta x);$$

**Пример.** При измерении массы и объема исследуемого тела найдены результаты:  $m = (195,0 \pm 0,5)$  г;  $V = (25,0 \pm 0,5)$  см<sup>3</sup>. Определить, по данным измерениям плотность вещества, абсолютную и относительную погрешности измерения.

Дано:  $m = (195,0 \pm 0,5)$  г;  $V = (25,0 \pm 0,5)$  см<sup>3</sup>;

Найти:  $\rho$ ,  $\Delta\rho$ ,  $\delta$

Решение. Плотность вещества вычисляем по формуле  $\rho = m/V$ . Абсолютную и относительную погрешности находим в соответствии с формулами строки 2 табл. 1:

$$\Delta\rho = \frac{V\Delta m + \Delta Vm}{V^2}; \quad \delta = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta V}{V}$$

$$\rho = \frac{195,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{25,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ кг / м}^3;$$

$$\Delta\rho = \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \cdot 195,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг} + 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 25,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{(25,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3)^2} = 176 \text{ кг / м}^3$$

$$\delta = \left( \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}}{195,0 \cdot 10^{-3} \text{ кг}} + \frac{0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3}{25,0 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3} \right) \cdot 100\% = (0,0025 + 0,020) \cdot 100\% = 0,023 \cdot 100\% = 2,3\%$$

II. Способ нахождения верхней и нижней границ.

1. Находят верхнюю (В. Г.) и нижнюю (Н. Г.) границы измеряемой величины.

2. Определяют среднее значение искомой величины  $x$  как полусумму верхней и нижней границ измерения:  $(В. Г. + Н. Г.) / 2 = x_{ср}$ .

3. Определяют абсолютную погрешность  $\Delta x$  как полуразность верхней и нижней границ:  $(В. Г. - Н. Г.) / 2 = \Delta x$ .

**Пример.** При измерении линейных размеров бруска получены следующие результаты: длина  $8,30 \pm 0,05$  мм; ширина  $2,20 \text{ мм} \pm \pm 0,05$  мм. Определить площадь бруска, абсолютную и относительную погрешности измерения методом границ.

Дано:  $a = (8,30 \pm 0,05)$  мм,  $b = (2,20 \pm 0,05)$  мм.

Найти:  $S$ ,  $\Delta S$ ,  $\delta$ .

Решение.  $S = 8,30 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 18,26 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

В. Г. =  $8,35 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 18,7875 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 18,79 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

Н. Г. =  $8,25 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot 2,15 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 17,7375 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 17,74 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ ;

$$S_{ср} = \frac{В.Г. + Н.Г.}{2}; \quad S_{ср} = \frac{(18,79 + 17,74) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{2} = 18,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$\Delta S = \frac{В.Г. - Н.Г.}{2}; \quad \Delta S = \frac{(18,79 - 17,74) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{2} = 0,53 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2;$$

$$\delta = \frac{\Delta S}{S_{ср}} 100\%; \quad \delta = \frac{0,53 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{18,27 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2} 100\% = 2,9\%;$$

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

1. *Микрометр* (рис. 1) состоит из упора 1, микрометрического винта 2, неподвижной втулки 3 со шкалой в миллиметрах, головки винта 5 со шкалой 4. При измерении микрометром предмет помещают между упором и винтом. Вращая винт за головку, доводят его до соприкосновения с предметом. Затем по шкале 3 отсчитывают целые миллиметры, а по шкале головки винта — десятые и сотые доли миллиметра.

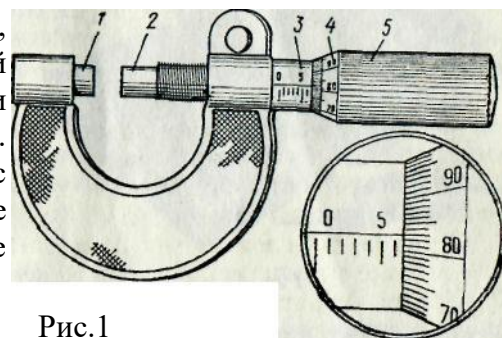


Рис.1

2. *Штангенциркуль* (рис. 2) имеет линейку со шкалой 1, нониус со шкалой 4. Измеряемый предмет помещают между ножками штангенциркуля 2 так, чтобы предмет был слегка зажат, и закрепляют нониус винтом 3.

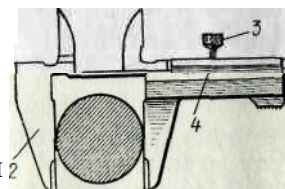


Рис.2

По шкале линейки отсчитывают целое число миллиметров до нуля нониуса (первого деления). Затем тщательно определяют, какое деление шкалы нониуса точно совпадает с некоторым делением шкалы линейки. Это деление шкалы нониуса соответствует десятым долям миллиметра. Показания штангенциркуля на рис.2 31,6 мм.

3. *Учебные весы* (рис.3). При измерении массы исследуемого тела с помощью учебных весов необходимо: а)поднять чашечки весов на соответствующую высоту посредством подъемной муфты и уравновесить весы вспомогательным материалом (кусочками бумаги и т. п.); б) взвешиваемое тело поместить на левую чашку весов, на правую — осторожно положить гири. Разновесы брать пинцетом и в определенном порядке: последовательно один за другим, пока не будет достигнуто равновесие весов. После окончания работы разновесы убрать в соответствующие гнезда ящика для разновесов, чашечки весов опустить, чтобы они касались подставки.

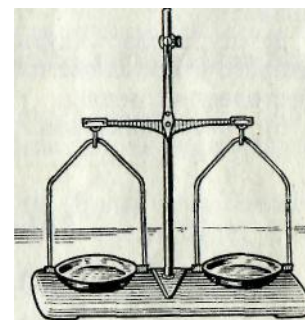


Рис.3

4. *Авометр* (рис. 4)—прибор, предназначенный для измерения силы тока, напряжений, сопротивлений. Он имеет три шкалы. Одна из них — верхняя — шкала омметра.

Для измерения сопротивлений необходимо:

1) авометр установить в рабочее (горизонтальное) положение; открыть крышку, вынуть соединительные провода (2 шт.) и определить цену деления шкалы омметра;

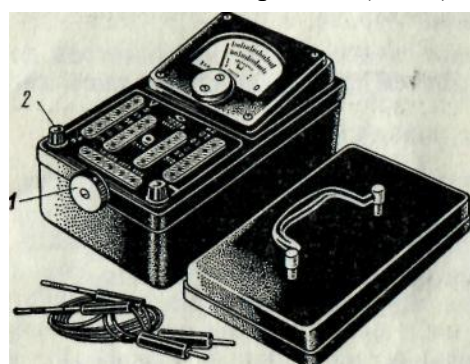


Рис.4

2) переключатель 1 (см. рис. 4) установить так, чтобы его указатель (белая точка) был расположен против обозначения «Ω»

3) короткий наконечник одного провода вставить в гнездо, обозначенное «общ.» в ряду гнезд со знаком «Ω×», а другого провода — в одно из гнезд этого ряда с множителями 1, 10, 100, 1000;

4) свободные концы соединительных проводов (щупы) замкнуть накоротко и, вращая ручку 2 переменного сопротивления, установить стрелку прибора на нулевое деление

верхней шкалы. Нулевое деление этой шкалы справа;

5) щупы разомкнуть, подключить их к резистору, сопротивление которого необходимо измерить. Измерения производить только при обесточенных цепях;

б) снять показания прибора с учетом выбранного множителя.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

**Тема:** Законы Ньютона.

**Наименование работы:** Исследование движения тела под действием постоянной силы

**Цель:** 1. выяснить, зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, если зависит, то как. 2. Определить коэффициент трения дерева по дереву.

**Приборы и материалы:** динамометр, деревянный брусок, деревянная линейка или деревянная плоскость, набор грузов по 100 г.

### Теория

**Сила трения** – это сила, которая возникает в том месте, где тела соприкасаются друг с другом, и препятствует перемещению тел.

Сила трения - это сила **электромагнитной природы**.

Возникновение силы трения объясняется **двумя причинами**:

- 1) Шероховатостью поверхностей
- 2) Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

Силы трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям и **подразделяются** на *силы трения покоя, скольжения, качения*.

В данной работе исследуется зависимость силы трения скольжения от веса тела.

**Сила трения скольжения** – это сила, которая возникает при скольжении предмета по какой-либо поверхности. По модулю она почти равна максимальной силе трения покоя. Направление силы трения скольжения противоположно направлению движения тела. Сила трения в широких пределах не зависит от площади соприкасающихся поверхностей. В данной работе надо будет убедиться в том, что сила трения скольжения пропорциональна силе давления (силе реакции опоры):

$F_{тр} = \mu N$ , где  $\mu$  - коэффициент пропорциональности, называется **коэффициентом трения**. Он характеризует не тело, а сразу два тела, трущихся друг о друга.

### Порядок выполнения работы

1. Определите цену деления шкалы динамометра.
2. Определите массу бруска. Подвесьте брусок к динамометру, показания динамометра - это вес бруска. Для нахождения массы бруска разделите вес на  $g$ . Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .
2. Положите брусок на горизонтально расположенную деревянную линейку. На брусок поставьте груз 100 г.
3. Прикрепив к бруску динамометр, как можно более равномерно тяните его вдоль линейки. Запишите показания динамометра, это и есть величина силы трения скольжения.
4. Добавьте второй, третий, четвертый грузы, каждый раз измеряя силу трения. С увеличением числа грузов растёт сила нормального давления.
5. Результаты измерений занесите в таблицу.

№ опыта	Масса бруска, $m_1$ , кг	Масса груза, $m_2$ , кг	Общий вес тела (сила нормального давления), $P = N = (m_1 + m_2)g$ , Н	Сила трения, $F_{тр}$ , Н	Коэффициент трения, $\mu$	Среднее значение коэффициента трения, $\mu_{ср}$
1						
2						
3						
4						
5						

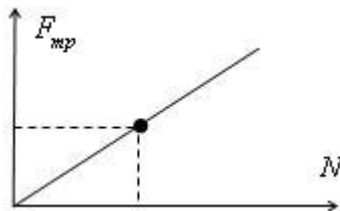
6. Сделайте вывод: зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, и если зависит, то как?

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N}$$

7. В каждом опыте рассчитать коэффициент трения по формуле:  $\mu = \frac{F_{тр}}{N}$ . Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Результаты расчётов занести в таблицу.

8. По результатам измерений постройте график зависимости силы трения от силы нормального давления. При построении графика по результатам опытов экспериментальные точки могут не

оказаться на прямой, которая соответствует формуле. Это связано с погрешностями измерения. В этом случае график надо проводить так, чтобы примерно одинаковое число точек оказалось по разные стороны от прямой. После построения графика возьмите точку на прямой (в средней части графика), определите по нему соответствующие этой точке значения силы трения и силы нормального давления и вычислите коэффициент трения. Это и будет средним значением коэффициента трения. Запишите его в таблицу.



9. Исходя из цели работы, запишите вывод и ответьте на контрольные вопросы.

**Контрольные вопросы.**

1. Что называется силой трения?
2. Какова природа сил трения?
3. Назовите основные причины, от которых зависит сила трения?
4. Перечислите виды трения.
5. Можно ли считать явление трения вредным? Почему?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

**Тема:** Газовые законы.

**Наименование работы:** Проверка закона Бойля-Мариотта.

**Цель:** Научиться практически определять зависимость между объемом и давлением газа при постоянной температуре.

**Теория:** Закон Бойля—Мариотта для изотермического процесса, т. е. процесса, протекающего при постоянной температуре ( $T_1 = T_2$ ), является частным случаем объединенного газового закона:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ или } p_1 / p_2 = V_2 / V_1.$$

Можно сказать, что давление данной массы газа при постоянной температуре изменяется обратно пропорционально его объему.

### Оборудование.

Прибор для изучения газовых законов лабораторный, тип ПИГЗ. В комплект прибора входят 2 трубки, один конец из которых закрывается резиновой пробкой, 2 трубки со шкалой, 2 хомутка, которые одеваются на трубки и крепятся в лапках лабораторного штатива.

### Правила техники безопасности:

Обращаться с трубками осторожно, не подвергать их ударам.

### Порядок выполнения работы .

1. Закрывать один конец трубки пробкой и закрепить трубку посредством хомутка в лапку лабораторного штатива.
2. Наполнить трубку водой комнатной температуры так, чтобы уровень воды не доходил до края трубки на 80-100 мм.
3. Определить первое состояние воздуха, для чего:
  - ☞ Определить длину трубки со шкалой, считая, что объем численно равен длине.
  - ☞ Определить с помощью барометра атмосферное давление.
  - ☞ Вычислить произведение.
4. Определить второе состояние воздуха для чего:
  - ☞ Трубку со шкалой опустить не запаянным концом в воду до дна.
  - ☞ Измерить и вычислить новый объем воздуха, находящегося в трубке численно равной:
$$h_2 = h_1 - h_{\text{в}}$$
 $h$  – высота столба воды в трубке, взятая по шкале.
    - ☞ Определить давление  $P_2$ , для этого к атмосферному давлению  $P_1$  прибавить давление  $P_{\text{в}}$  столба воды высотой равной разности уровней воды в трубках.
$$P_2 = P_1 + P_{\text{в}}$$
    - ☞ Вычислить произведение  $P_2 V_2$
5. Сравнить полученные результаты первого и второго опытов.

Таблица 1

№	$V_1 = h_1$	Атмосферное давление $P_1$	$P_1 V_1$	$V_2 = h_2 = h_{\text{общ}} - h_0$	$P_2 = P_1 + P_{\text{в}}$	$P_2 V_2$	Относительная погрешность

6. Выполнить измерения и вычисления, заполните результатами измерений и измерений в таблицу.
7. Вычислить погрешность:
  - ☞ Абсолютную погрешность
  - ☞ Относительную погрешность

### Контрольные вопросы

1. При каком условии справедлив закон Бойля-Мариотта?
2. Объяснить сущность закона Бойля-Мариотта, пользуясь молекулярно-кинетической теорией.
3. Для изометрического процесса график зависимости  $p$  от  $V$  по результатам измерений.
4. Определить массу 20 литров воздуха находящегося при температуре 273 К под давлением 30 атм.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**Тема:** Водяной пар в атмосфере

**Наименование работы:** Определение относительной влажности воздуха с помощью гигрометра и психометрической таблицы.

**Цель:** Научиться работать с гигрометром и психометрической таблицей.

**Теория.** В атмосфере Земли всегда содержатся водяные пары. Их содержание в воздухе характеризуется абсолютной и относительной влажностью. Абсолютная влажность ( $\rho_a$ ) определяется массой водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха, т.е. плотностью водяного пара.

Абсолютную влажность можно определить по температуре точки росы — температуре, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. Температуру точки росы определяют с помощью гигрометра, а затем по таблице «Давление насыщающих паров и их плотность при различных температурах» находят соответствующую температуре точки росы плотность. Найденная плотность и есть абсолютная влажность окружающего воздуха.

Относительная влажность  $B$  показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности  $\rho_n$  водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре:  $B = \frac{\rho_a}{\rho_n} 100\%$ .

#### Оборудование.

1. Гигрометр
2. Термометр.
3. Диэтиловый эфир.
4. Психометр (общий для всех)
5. Баротермогигрометр

#### Порядок выполнения работы.

##### I. Работа с гигрометром.

1. Измерить температуру окружающего воздуха.
2. Наполнить камеру гигрометра летучей жидкостью (диэтиловым эфиром 3—4 см<sup>3</sup>).
3. Установить термометр в камеру гигрометра (рис. 7, б).
4. При помощи груши продуть воздух через эфир и внимательно следить за полированной поверхностью стенки камеры, сравнивая ее с поверхностью кольца 2 (рис. 7, а). Заметив появление росы (начало запотевания), записать температуру.
5. Продолжая наблюдение, отметить момент исчезновения росы и соответствующую температуру.
6. Определить температуру точки росы как среднее арифметическое измеренных температур.
7. Опыт повторить 1—2 раза.
8. По таблице определить плотность пара соответственно при температуре точки росы и комнатной.
9. Вычислить относительную влажность, найти среднее значение ее.
10. Определить относительную погрешность методом среднего арифметического.
11. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблицу

№ опыта	Температура окружающего воздуха	Температура появления росы $t_{\text{п}}$ , °C	Температура исчезновения росы $t_{\text{и}}$ , °C	Температура точки росы $t_{\text{р}} = (t_{\text{п}} + t_{\text{и}}) / 2$ , °C	Абсолютная влажность воздуха $\rho_a$ , кг/м <sup>3</sup>	Плотность насыщенного пара при комнатной температуре	Относительная влажность $B$ , %	Среднее значение относительной влажности	Относительная погрешность $\delta = (\Delta B_{\text{ср}} / B_{\text{ср}}) \cdot 100\%$

##### II. Работа с психрометром и баротермогигрометром

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Определить температуру сухого термометра.
3. Определить температуру смоченного термометра
4. Пользуясь психрометрической таблицей\*, определить относительную влажность

5. Результаты измерений записать в таблицу

Показания термометров		Разность показаний термометров $\Delta t$ , °C	Относительная влажность воздуха В, %
сухого $t_1$ , °C	смоченного $t_2$ , °C		

6. Определить относительную влажность по баротермогигрометру.

7. Результаты по определению В сравнить и сделать вывод.

**Методические рекомендации.**

1. Для более точного определения момента появления росы перед работой тщательно протереть суконкой полированное дно и кольцо гигрометра до полного блеска, а перед наблюдением установить прибор под углом 30-40° к лучу зрения.
2. Камеру наполнить эфиром с таким расчетом, чтобы шарик термометра был погружен в эфир и в то же время эфир не расплескивался при продувании воздуха
3. Сразу же после окончания работы с гигрометром тщательно проветрить помещение
4. Для психрометра лучше использовать дистиллированную воду
5. В формуле  $B = \frac{\rho_a}{\rho_n} 100\%$  вместо плотности можно взять давление насыщающих паров при комнатной температуре и температуре точки росы.

**Контрольные вопросы.**

1. Почему при продувании воздуха через эфир на полированной поверхности стенки камеры гигрометра появляется роса? В какой момент появляется роса?
2. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометра наибольшая?
3. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?
4. Сухой и влажный термометры психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
5. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?
6. Почему перед дождем ласточки летают низко?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

**Тема:** Свойства жидкого состояния вещества

**Наименование работы:** Определение поверхностного натяжения жидкости

**Цель:** Научиться практически определять поверхностное натяжение жидкости

**Теория.** Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости.

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости, стремясь уменьшить потенциальную энергию, сокращается. При этом совершается работа  $A$ :  $A = \delta \cdot \Delta S$ , где  $\delta$  — коэффициент пропорциональности (выражается в Дж/м<sup>2</sup> или Н/м), называемый поверхностным натяжением:  $\delta = A / \Delta S$ , или  $\delta = F / l$ , где  $F$  — сила поверхностного натяжения,  $l$  — длина границы поверхностного слоя жидкости.

Поверхностное натяжение можно определить различными методами.

### 1. Метод отрыва капли:

Опыт осуществляют с бюреткой, в которой находится исследуемая жидкость (см. рисунок)

Открывают кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно падали капли. Перед моментом

отрыва капли сила тяжести ее  $P = m_n g$ ; равна силе поверхностного натяжения, граница

свободной поверхности — окружность шейки капли (AB на рис.). Следовательно  $F = m_k g$ ;

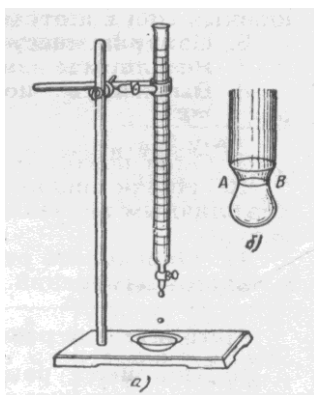
$l = \pi d_{ш.к}$ ;  $\sigma = m_k g / (\pi d_{ш.к})$ . Опыт показывает, что  $d_{ш.к} = 0,9 d_6$ , где  $d_6$  — диаметр канала узкого конца бюретки.

### Оборудование:

1. Бюретка с краном.
2. Весы учебные с разновесом
3. Сосуд с водой
4. Сосуд для сбора капель.
5. Микрометр.
6. Набор игл.

### Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку по рис. а, наполнить бюретку водой.



2. Измерить диаметр канала узкого конца бюретки. Для этого ввести до упора в канал бюретки иглу соответствующей толщины, замерить то место, до которого она вошла, и микрометром измерить диаметр иглы в отмеченном месте. Измерения микрометром повторить несколько раз, поворачивая при этом иглу на определенный угол. Если результаты измерения будут различаться, взять их среднее значение.
3. Определить массу пустого сосуда для сбора капель, взвесив его.
4. Подставить под бюретку сосуд, в котором была вода, и, плавно открывая кран, добиться медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1—2 с).
5. Под бюретку с отрегулированными каплями подставить взвешенный сосуд и отсчитать 100-капель.
6. Измерив массу сосуда с каплями, определить массу капель.
7. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.
8. Вычислить поверхностное натяжение по формуле 
$$\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,9d_6}$$
8. Опыт повторить 1—2 раза с другим количеством капель.
9. Найти среднее значение  $\sigma_{ср}$ ; сравнить полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры.

10. Определить относительную погрешность методом оценки результатов измерений.

№ опыта	Масса			Число капель, $n$	Диаметр канала бюретки $d_6$ , м	Поверхностное натяжение $\sigma$ , Н / м	Среднее значение поверхностного натяжения $\sigma_{\text{ср}}$ , Н / м	Табличное значение поверхностного натяжения $\sigma_{\text{табл}}$ , Н / м	Относительная погрешность $\delta$ , %
	Пустого сосуда $m_1$ , кг	Сосуда с каплями $m_2$ , кг	Капель $m$ , кг						

#### Контрольные вопросы.

1. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
2. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
3. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой - с прибавкой мыла. Одинаковы ли объемы, отмеренных капель? Ответ обоснуйте.
4. Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт проводить в другом месте Земли?
5. Изменится ли результат вычисления, если диаметр канала трубки будет меньше?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5

### «Исследование последовательного соединения проводников»

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** определить общее сопротивление двух последовательно соединенных проволочных резисторов.

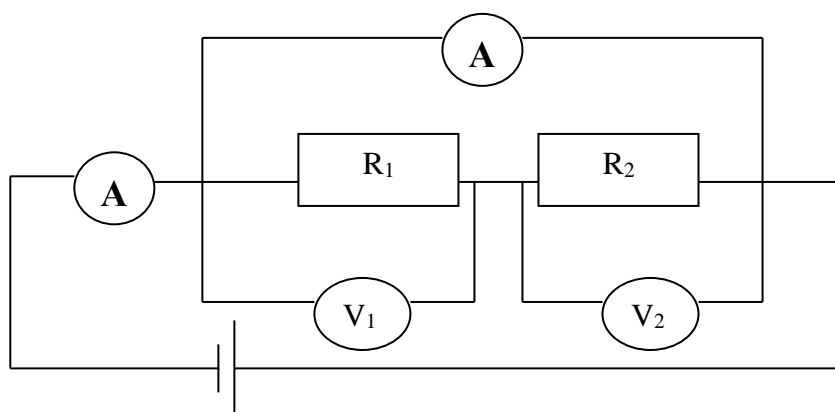
**ОБОРУДОВАНИЕ:** ЛИП, 3 вольтметра, амперметр, 2 реостата, соединительные провода.

Теория:

1. сила тока во всех последовательно соединенных участках цепи одинакова  $I=I_1+I_2$
2. напряжение в цепи, состоящей из нескольких последовательно соединенных участков, равно сумме напряжений на каждом участке  $U=U_1+U_2$
3. сопротивление цепи, состоящей из нескольких последовательно соединенных участков, равно сумме сопротивлений каждого участка  $R=R_1+R_2$

Ход работы:

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



3. Запишите показания амперметра и трех вольтметров.
4. Используя закон Ома для участка цепи

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

рассчитайте сопротивление:

- сопротивление первого резистора  $R_1 = \frac{U_1}{I}$
- сопротивление второго резистора  $R_2 = \frac{U_2}{I}$
- общее сопротивление цепи по двум формулам

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

5. Занесите результаты измерений и вычислений в таблицу:

U, В	U <sub>1</sub> , В	U <sub>2</sub> , В	I, А	R <sub>1</sub> , Ом	R <sub>2</sub> , Ом	$R = \frac{U}{I}$ , Ом	$R = R_1 + R_2$ , Ом

6. Сравните результаты вычислений общего сопротивления и сделайте вывод

**ОТЧЁТ РАБОТЫ:**

1. Произвести все расчёты лабораторной работы.
2. Сделать вывод работы.
3. Способ подключения амперметра, вольтметра.
4. Единицы измерения силы тока, напряжения.
5. Закон Ома для участка цепи.
6. Формулы вычисления силы тока, напряжения и сопротивления при параллельном соединении проводников.

Литература: Г.Я.Мякишев, Физика учебник 10 кл. 2010 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6

### «Исследование параллельного соединения проводников»

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** определить общее сопротивление двух параллельно соединенных проволочных резисторов.

**ОБОРУДОВАНИЕ:** ЛИП, вольтметр, 3 амперметра, 2 реостата, соединительные провода.

**Теория:**

1. сила тока в неразветвленном участке цепи равна сумме сил токов во всех параллельно соединенных участках

$$I = I_1 + I_2$$

2. напряжение на всех параллельно соединенных участках цепи одинаково

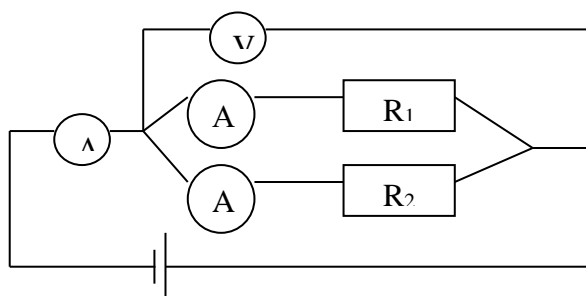
$$U = U_1 = U_2$$

3. при параллельном соединении сопротивлений складываются величины, обратные сопротивлению: ( $R$  - сопротивление проводника,  $1/R$  - электрическая проводимость проводника)

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Если в цепь включены параллельно только два сопротивления, то:

**Ход работы:**



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

рассчитайте сопротивление:

✓ 1 участка  $R_1 = \frac{U}{I_1}$

✓ 2 участка  $R_2 = \frac{U}{I_2}$

✓ общее сопротивление по двум формулам

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

1. Расположите на столе приборы в соответствии со схемой.
2. Соберите цепь по схеме, соблюдая полярность подключаемых приборов.
3. Запишите показания трех амперметров и вольтметра.
4. Используя закон Ома для участка цепи

5. Занесите результаты измерений и вычислений в таблицу:

I, A	I1, A	I2, A	U, В	R1, Ом	R2, Ом	$R = \frac{U}{I}$ , Ом	$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ , Ом

6. Сравните результаты вычислений общего сопротивления и сделайте вывод.

**ОТЧЁТ РАБОТЫ:**

1. Произвести все расчёты лабораторной работы.
2. Сделать вывод работы.
3. Метод измерения силы тока, напряжения.
4. Единицы измерения силы тока, напряжения, сопротивления.
5. Закон Ома для участка цепи.
6. Формулы вычисления силы тока, напряжения и сопротивления при последовательном соединении проводников.

**Литература:**

- Г.Я.Мякишев, Физика учебник 10кл. 2010 г.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7

**Цель работы:** определить значение коэффициента полезного действия электрического нагревательного прибора при различной нагрузке (мощности), исследовать зависимость коэффициента полезного действия от мощности электрического нагревательного прибора (электрического чайника типа TEFAL).

### Приборы и материалы.

Штатив с лапкой и муфтой.

Термометр.

Измерительный цилиндр.

Лабораторный автотрансформатор.

Ваттметр.

Электрический чайник типа TEFAL.

Ведро с водой.

Часы с секундной стрелкой (секундомер).

Калькулятор.

### Порядок выполнения работы.

#### Подготовительный этап.

1. Укрепить термометр в лапке штатива.
2. Измерить температуру воды в ведре (начальная температура).
3. Собрать экспериментальную установку (лабораторный автотрансформатор, ваттметр, электрический чайник).
4. Получить разрешение преподавателя на проведение опытов.

#### Основной этап. Опыт № 1.

1. Используя измерительный цилиндр, налить в чайник 0,5 литра воды (0,5 кг воды).
2. Одновременно включить установку в электрическую сеть и запустить секундомер.
3. С помощью автотрансформатора и ваттметра установить мощность 500 ватт.
4. Через промежуток времени, равный 100 секундам, выключить установку (вынуть вилку из розетки).
5. Измерить температуру воды в чайнике.
6. Вылить воду из чайника в раковину.
7. Результаты опыта заносим в таблицу и вычисляем коэффициент полезного действия,

$$\eta = \frac{cm \Delta t^{\circ}}{\Delta t P}, \text{ или } \eta = \frac{cm}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta t^{\circ}}{P}, \text{ где } \frac{cm}{\Delta t} = 21 \frac{\text{Вт}}{^{\circ}\text{C}}$$

используя формулу

Таблица.

№ п/п	$t_1^{\circ}$	$t_2^{\circ}$	$\Delta t^{\circ} = t_2^{\circ} - t_1^{\circ}$	P	$\eta$	$\eta \%$
1						
2						
3						
4						

8. Выполняя пункты (1 – 7), проделываем опыты № 2 (мощность 1000 Вт),
9. № 3 (мощность 1500 Вт), № 4 (мощность 2000 Вт),
10. Заполняем таблицу и строим график зависимости коэффициента полезного действия от мощности.
11. Изучая график, делаем вывод.

**Примечание.** Лабораторная работа рассчитана на два академических часа, проводится группой

учеников в составе (2-4) человек под руководством учителя. Кабинет физики должен иметь евророзетки, подключенные к трехпроводной электрической сети. Ученики обязаны строго соблюдать правила техники безопасности: только при отключенном чайнике (вилка вынута из розетки) разрешается наливать воду в чайник, измерять температуру воды, выливать воду из чайника, запрещается прикасаться к чайнику в то время, когда он включен в электрическую сеть.

### Литература:

- Касьянов В.А. Физика 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений. – М.: Дрофа, 2003.  
Энциклопедия для детей. Техника. – М.: Аванта +, 2001.  
Пёрышкин А.В., Гутник Е.М. Физика 9 кл.: Учебник для общеобразовательных учреждений.- М.: Дрофа, 2002.  
Перельман Я.И. Знаете ли вы физику? – М.: ВАП, 1994.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

**Тема:** Мощность электрического тока.

**Наименование работы:** Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания, от напряжения на ее зажимах.

**Цель:** Научиться практически, определять зависимость мощности, потребляемой лампой накаливания, от напряжения на ее зажимах.

**Теория:** При замыкании электрической цепи на ее участке с сопротивлением  $R$ , током  $I$ , напряжением  $U$  производится работа  $A$ :  $P = At$ . Следовательно,

$$P = IUt = I^2 R = U t = U^2 / R. \quad (1)$$

Анализ выражения (1) убеждает нас в том, что  $P$  – функция двух переменных. Зависимость  $P$  от  $U$  можно исследовать экспериментально.

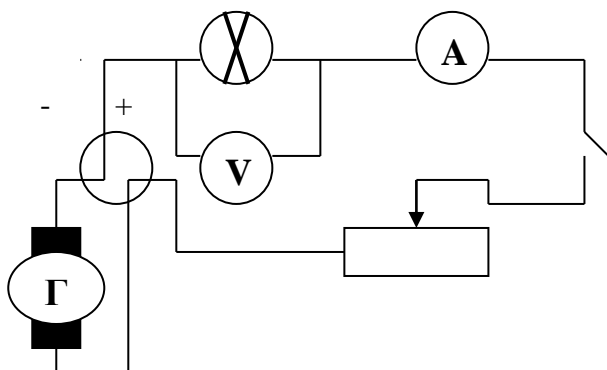
### Оборудование :

1. Электрическая лампа.
2. Источник постоянного напряжения на 36 В.
3. Реостат ползунковый.
4. Амперметр.
5. Вольтметр.
6. Омметр.
7. Ключ.
8. Соединительные провода.
9. Миллиметровая бумага.

**Литература:** Л.С.Жданов, Л.Г.Жданов «Физика для ССУЗов», А.С. Енохович «Справочник по физике и технике».

### Порядок выполнения работы:

1. Определить цену деления измерительных приборов.
2. Омметром измерить сопротивление нити лампы при комнатной температуре.
3. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке.



4. После проверки цепи преподавателем ключ замкнуть. С помощью реостата установить наименьшее значение напряжения. Снять показания измерительных приборов.
5. Постоянно выводя реостат, снять 8-10 раз показания амперметра и вольтметра.
6. Для каждого значения напряжения определить мощность  $P = I U$ , потребляемую лампой, сопротивление  $R_t = U/I$  нити накала и температуру  $t = (R_t - R_0) / (R_0 \alpha)$  ее накала. Учитывая небольшую погрешность, сопротивление лампы при комнатной температуре принять за  $R_0$ . Значение  $\alpha$  - температурного коэффициента сопротивления вольфрама – взять из таблицы.
7. Измерения и вычисления записать в таблицу.

№ опыта	Напряжение на зажимах лампы $U, В$	Сила тока в лампе $I, А$	Мощность, потребляемая лампой $P, Вт$	Сопротивление нити накала лампы $R, Ом$	Температура накала $t, ^\circ C$

8. На миллиметровой бумаге построить графики зависимости:
- ☞ - мощности, потребляемой лампой, от напряжения на ее зажимах;
  - ☞ - сопротивления нити накала лампы от ее температуры. По оси ординат откладывать соответственно мощность и сопротивление, по оси абсцисс - напряжение и температуру.
9. Проанализировать 1 график и сделать вывод. Сравнить 2 полученный график предыдущей работы и сделать вывод.

#### **Методические рекомендации.**

1. Рекомендуется работу проводить, пользуясь током от генератора или сравнительно мощного выпрямителя. В этом случае использовать лампы с напряжением 36 В.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Какой физический смысл напряжения на участке электрической цепи?
2. Какие способы определения мощности тока вам известны?
3. Лампы, 200 – ваттная и 60 – ваттная, рассчитаны на одно напряжение. Сопротивление, какой лампы больше? Во сколько раз?
4. Какое количество электроприборов одинаковой мощности (100 Вт) может быть включено в электрическую цепь напряжением 220 В при номинальной силе тока в предохранителе (для этой цепи) 5 А.
5. Какова максимальная мощность электрических станций в России?
6. Какова причина укрупнения единичных мощностей энергоблоков электростанций страны.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

**Тема:** Основные характеристики источника электрической энергии.

**Наименование работы:** Определение ЭДС электродвижущей силы и внутреннего сопротивления источника электрической энергии.

**Цель:** Научиться практически определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника электрической энергии.

**Теория:** Для получения электрического тока в проводнике необходимо создать и поддерживать на его концах разность потенциалов (напряжение). Для этого используют источник тока. Разность потенциалов на его полюсах образуется вследствие разделения зарядов. Работу по разделению зарядов выполняют сторонние (не электрического происхождения) силы.

При замкнутой цепи, затраченная в процессе работы сторонних сил, превращается в энергию источника тока. При замыкании электрической цепи запасенная в источнике тока энергия расходуется на работу по перемещению зарядов во внешней и внутренней частях цепи с сопротивлениями соответственно  $R$  и  $r$ .

Величина, численно равная работе, которые совершают сторонние силы при перемещении единичного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока  $E$ :  
 $E = IR + I r$

В СИ выражается в вольтах (В).

Электродвижущую силу и внутреннее сопротивление тока.

**Литература:** Л.С.Жданов, Л.Г. Жданов «Физика для ССУЗов» §16.1-16.6.

### Оборудование:

1. Источник электрической энергии.
2. Три резистора на 1 Ом, 2 Ом, 4Ом соответственно.
3. Амперметр.
4. Вольтметр.
5. Ключ.
6. Соединительные провода.

### Порядок выполнения работы:

1. Определить цену деления шкалы амперметра.
2. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис.1, установив в цепи резистор с известным сопротивлением.
3. Замкнуть ключ и снять показание амперметра.
4. Ключ разомкнуть, заменить резистор на другой, цепь разомкнуть и вновь снять показания амперметра.
5. Опыт (п.4) повторить с третьим резистором.
6. Результаты измерений подставить в уравнение  $E = I(R+r)$  и, решить систему уравнений:

$$E = I_1 (R_1 + r),$$

$$E = I_2 (R_2 + r),$$

$$E = I_3 (R_3 + r);$$

$$E = I_2 (R_2 + r);$$

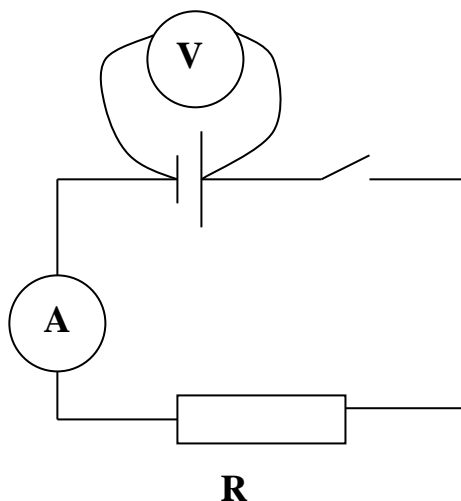
$$E = I_3 (R_3 + r),$$

$$E = I_3 (R_3 + r),$$

Вычислить  $E$  и  $r$ .

7. Определить средние значения найденных величин  $r_{\text{ср}}$  и  $E_{\text{ср}}$ .
8. Определить относительную погрешность методом среднего арифметического.
9. Результаты измерений, вычислений записать в таблицу 1.

Рис.1.



Таб.1.

№ опыта	Сопротивление резистора R, Ом	Сила тока I, А	Внутреннее сопротивление r, Ом	ЭДС E, В	Среднее значение сопротивления $r_{\text{ср}}$ , Ом	Среднее значение ЭДС $E_{\text{ср}}$ , В	Относительная погрешность $\delta_1$ , % $\delta_1 =  r_{\text{ср}} - r  / r_{\text{ср}} \cdot 100\%$	Относительная погрешность $\delta_2$ , % $\delta_2 =  E_{\text{ср}} - E  / E_{\text{ср}} \cdot 100\%$

### Методические рекомендации

1. При работе с аккумуляторами необходимо учитывать, что их внутреннее сопротивление очень мало. Поэтому лучше брать батарею таких источников тока.
2. Работу удобно выполнять, используя в качестве источника тока батарейку карманного фонаря.

### Контрольные вопросы.

1. Какова физическая суть электрического сопротивления?
2. Какова роль источника тока в электрической цепи?
3. Соединить на короткое время вольтметр с источником электрической энергии, соблюдая полярность. Сравнить его показания с вычисленным по результатам опыта E.
4. От чего зависит напряжение на зажимах источника тока?
5. Пользуясь результатами произведенных измерений, определить напряжение на внешней цепи (если работа выполнена 1 методом), сопротивления внешней цепи (если работа выполнена 2 методом).

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

**Тема:** Электромагнитная индукция.

**Наименование работы:** Изучение явления электромагнитной индукции.

**Цель:** Пронаблюдать явление электромагнитной индукции и изучить ее особенности.

**Теория.** Возникновение в замкнутом пространстве электрического тока, обусловленное изменением магнитного поля называют явлением электромагнитной индукции. Полученный таким образом ток, называется индукционным (наведенным), а создающую его ЭДС называют ЭДС индукции.

Всесторонние исследования явления электромагнитной индукции показали, что с помощью этого явления можно получить электрический ток любой мощности, что позволяет широко использовать электрическую энергию в промышленности. В настоящее время почти вся электрическая энергия, используемая на производстве, получается с помощью индукционных генераторов, принцип работы которых основан на явлении электромагнитной индукции. Поэтому Фарадей по праву считается одним из основателей электротехники. Явления электромагнитной индукции открыто Майклом Фарадеем в 1831 г. (22.ГХ. 1791 - 25. VIII 1867).

С изобретением трансформаторов была решена проблема передачи электроэнергии на любые расстояния и широкого использования ее в различных сферах человеческой деятельности. Принцип работы трансформаторов основан на явлении электромагнитной индукции.

Также невозможно без явления электромагнитной индукции радио и телеосвязь.

Таким образом — это явление оказалось основной и неотъемлемой частью современной жизнедеятельности человечества.

Закон электромагнитной индукции был обобщен Джеймсом Клерком Максвеллом (13.VI. 1831-5 .XI. 1879.). Анализ и обобщение явления электромагнитной индукции, сделанные Максвеллом дали человечеству теорию электромагнитного поля, поднявшую физику, как науку на новую степень развития.

Уравнение Максвелла:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Rot } H = 4 \pi I / C + I \cdot D / C \\ \text{Div } D = 4 \pi p \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \text{rot } E = -1 / C \cdot B \\ \text{Div } B = 0 \end{array} \right\}$$

где  $H$  - напряжение магнитного поля,  $i$  - ток смещения,  $c$  - скорость света в вакууме,  $D$  — вектор электростатической индукции,  $p$  - объемная плотность свободных зарядов,  $F$  - напряженность электрического поля,  $B$  - индукция магнитного поля,  $D = E \cdot E$ ,  $D$  - производная от  $D$  от времени,  $B$  - производная от  $B$  по  $t$ .

Отсюда Максвелл сделал два важных вывода:

1. Что свет представляет собой электромагнитные волны.
2. Что оптические свойства среды связаны с ее электромагнитными свойствами.

В, немагнитном диэлектрике  $n \cdot n = E$ .

$$\begin{aligned} v &= 1 / \sqrt{\mu_c E c} = 1 / \sqrt{\mu_0 \mu E_0 E}; \\ C &= 1 / \sqrt{\mu_0 E_0}; \\ C / v &= \sqrt{\mu E}. \end{aligned}$$

**Оборудование:**

1. Источники электрической энергии постоянных и электрического тока.
2. Микро и миллиамперметры.
3. Микровольтметры.
4. Катушка индуктивности.
5. Индуктивная катушка в общем сердечнике.
6. Магниты полюсовые и дугообразные.
7. Соединительные провода.
8. Прибор для демонстрации правила Ленца.
9. Ключ замыкания цепи.

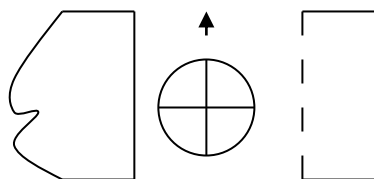
**Порядок выполнения работы**

1. К зажимам микроамперметра присоединить длинный отрезок гибкого изолированного провода и двигать его между ветвями дугообразного магнита. По слабому, но заметному отклонению стрелки прибора обнаруживается возникновение индукционного тока. Определить его направление и установить правило правой руки.

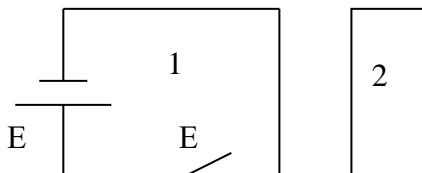
2. Провод сворачивать в петлю, надевая на полюс магнита и снимая, отметить увеличение и изменение тока.
3. Повторить опыт с катушкой с большим числом витков и сделать вывод в зависимости от скорости изменения магнитного потока. Создать установку из двух катушек.
4. Включить одну из катушек в цепь  $\sim$  тока, а ко второму измерительный прибор. Пронаблюдать возникновение вихревых потоков.
5. Пронаблюдать движение замкнутого алюминиевого кольца при приближении и удалении магнита. Сделать вывод и сформулировать правило Ленца.
6. Соленоид соединить с гальванометром. Пронаблюдать появление индукционного тока в соленоиде с помощью постоянного магнита.

Контрольные вопросы.

1. Объяснить возникновение индукционного тока с точки зрения теории электромагнитного поля Максвелла.
2. Определить полюса постоянного магнита, если при движении проводника вверх возникает индукционный ток, направленный от нас.



3. Одинаковой ли работой нужно совершить, чтобы вставить магнит в катушку, когда ее обмотка замкнута и когда разомкнута, почему?
4. Каково отличие линий напряженности электростатического поля.
5. Будут ли возникать ЭДС индукции и индуктивный ток в замкнутом проводнике пересекаемом магнитным полем на Луне.
6. Определить направление индуктивного тока в катушке 2 при замыкании и размыкании цепи в контуре 1.



7. Приведите примеры применения и проявления явления электромагнитной индукции на производстве, в природе и в быту.

## Лабораторная работа

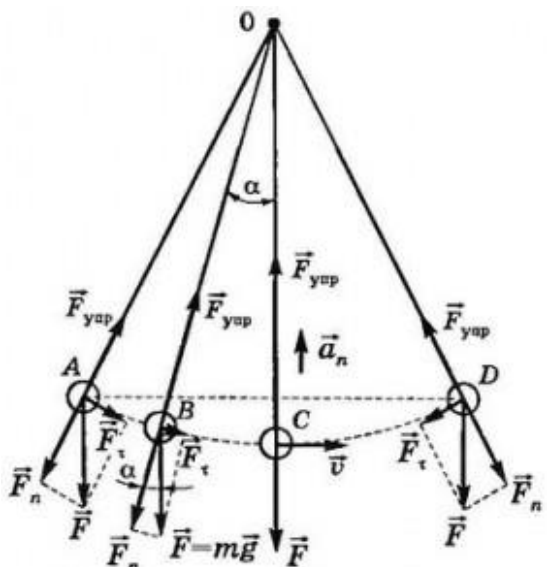
**Тема:** Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.

**Оборудование:** штатив с переключателем и муфтой, нить с петлями на концах, груз с крючком, линейка, электронный секундомер

**Цель работы:** состоит в экспериментальной проверке формулы, связывающей период колебаний маятника с длиной его подвеса.

### Основные сведения

Рассмотрим колебания нитяного маятника, т.е. небольшого тела (например, шарика), подвешенного на нити, длина которой значительно превышает размеры самого тела. Если шарик отклонить от положения равновесия и отпустить, то он начнет колебаться. Сначала маятник движется с нарастающей скоростью вниз. В положении равновесия скорость шарика не равна нулю, и он по инерции движется вверх. По достижении наивысшего положения шарик снова начинает двигаться вниз. Это будут свободные колебания маятника.



Свободные колебания – это колебания, которые возникают в системе под действием внутренних сил, после того, как система была выведена из положения устойчивого равновесия.

Колебательное движение характеризуют амплитудой, периодом и частотой колебаний.

Амплитуда колебаний – это наибольшее смещение колеблющегося тела от положения равновесия. Обозначается A. Единица измерения – метр [1м].

Период колебаний – это время, за которое тело совершает одно полное колебание. Обозначается T. Единица измерения – секунда [1с].

Частота колебаний – это число колебаний, совершаемых за единицу времени. Обозначается  $\nu$ .



Единица измерения – герц [Гц].

Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют математическим маятником.

Период колебаний математического маятника определяется формулой:

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

где  $l$  – длина подвеса, а  $g$  – ускорение свободного падения.

Период колебаний математического маятника зависит:

1) от длины нити. Период колебаний математического маятника пропорционален корню

квадратному из длины нити  $T \sim \sqrt{l}$ . Т.е., например при уменьшении длины нити в 4 раза, период уменьшается в 2 раза; при уменьшении длины нити в 9 раз, период уменьшается в 3 раза.



2) от ускорения свободного падения той местности, где происходят колебания.

Период колебаний математического маятника обратно пропорционален корню

квадратному из ускорения свободного падения  $T \sim \frac{1}{\sqrt{g}}$ .

Тело, подвешенное на пружине называют пружинным маятником.

Период колебаний пружинного маятника определяется формулой  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ , где  $m$  – масса тела,  $k$  – жесткость пружины.

Период колебаний пружинного маятника зависит:

1) от массы тела. Период колебаний пружинного маятника пропорционален корню квадратному из массы тела  $T \sim \sqrt{m}$ .

2) от жесткости пружины. Период колебаний пружинного маятника обратно пропорционален

корню квадратному из жесткости пружины  $T \sim \frac{1}{\sqrt{k}}$ .

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

следует,

В работе мы исследуем колебания математического маятника. Из формулы что период колебаний изменится вдвое при изменении длины подвеса в четыре раза.

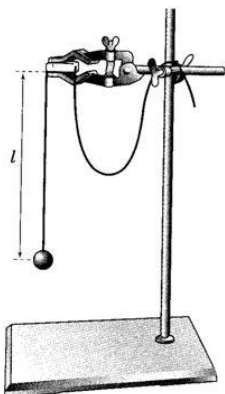
Это следствие и проверяют в работе. Поочередно испытывают два маятника, длины подвесов которых отличаются в четыре раза. Каждый из маятников приводят в движение и измеряют время, за которое он совершит определённое количество колебаний. Чтобы уменьшить влияние побочных факторов, опыт с каждым маятником проводят несколько раз и находят среднее значение времени, затраченное маятником на совершение заданного числа колебаний. Затем вычисляют периоды маятников и находят их отношение.

Выполнение работы.

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

l, м	№ опыта	N	t, с	t <sub>ср</sub> , с	T, с	ν, Гц
l <sub>1</sub> =	1	30				
	2	30				
	3	30				
	4	30				
l <sub>2</sub> =	1	30				
	2	30				
	3	30				
	4	30				

2. Закрепите перекладину в муфте у верхнего края стержня штатива. Штатив разместите на столе так, чтобы конец перекладины выступал за край поверхности стола. Подвесьте к перекладине с помощью нити один груз из набора. Расстояние от точки повеса до центра груза должно быть 25-30 см.



3. Подготовьте электронный секундомер к работе в ручном режиме.

4. Отклоните груз на 5-6 см от положения равновесия и замерьте время, за которое груз совершит 30 полных колебаний (при отклонении груза следите, чтобы угол отклонения не был велик).

5. Повторите измерение 3-4 раза и определите среднее время  $t_{ср1} = (t_1 + t_2 + t_3 + t_4) / 4$

6. Вычислите период колебания груза с длиной подвеса 25-30 см по

$$T_1 = \frac{t_{ср1}}{N}$$

формуле

7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.

8. Повторите серию опытов с маятником новой длины и вычислите его период колебаний по

$$T_2 = \frac{t_{ср2}}{N}$$

формуле

$$\nu_1 = \frac{N}{t_{ср1}} \quad \text{и} \quad \nu_2 = \frac{N}{t_{ср2}}$$

9. Вычислите частоты колебаний для обоих маятников по формулам

10. Сравните периоды колебаний двух маятников, длины которых отличались в четыре раза, и сделайте вывод относительно справедливости формулы (1). Укажите возможные причины расхождения результатов.

11. Ответьте на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Что называют периодом колебаний маятника?
2. Что называют частотой колебаний маятника? Какова единица частоты колебаний?
3. От каких величин и как зависит период колебаний математического маятника?
4. От каких величин и как зависит период колебаний пружинного маятника?
5. Какие колебания называют собственными?



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №12

**Тема:** Трансформаторы

**Наименование работы:** Изучение устройства и работы трансформатора.

**Цель:** Научиться практически определять коэффициент трансформации

**Теория.** В радиотехнике, электротехнике, электронике широко используют трансформатор. Внешний вид и схема одного из них (простейшего) показаны на рисунке 1.

Основные элементы любого трансформатора:

1. Сердечник (магнитопровод); набирается из отдельных тонких изолированных друг от друга листов магнитомягкой стали.
2. Две обмотки с разным числом витков: с небольшим количеством витков  $n_1$  толстой проволоки и с большим количеством витков  $n_2$  тонкой проволоки.

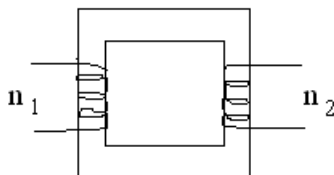


рис.1

Переменный ток обмотки, соединенной с источником электрической энергии (первичная обмотка), создает в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток, который в каждом витке обмоток возбуждает ЭДС индукции  $e$ . Поэтому ЭДС индукции в первичной обмотке  $E_1 = n_1 e$ , во вторичной —  $E_2 = n_2 e$ , а  $E_1 / E_2 = n_2 / n_1$ .

Если цепь вторичной обмотки разомкнута, в первичной обмотке течет слабый ток  $I_0$  - ток холостого хода, не превышающий 5% номинального. Падение напряжения  $\Delta U = I_0 R$  в первичной обмотке с сопротивлением  $R$  очень мало и приложенное к этой обмотке напряжение  $U_1$  лишь немного больше  $E_1$ :  $U_1 \approx E_1$ . Напряжение на концах вторичной обмотки  $U_2$ :  $U_2 = E_2$ . Следовательно, для холостого хода трансформатора  $U_2 / U_1 = n_2 / n_1$ .

Отношение  $n_2 / n_1 = k$  - коэффициент трансформации. При  $k > 1$  трансформатор повышает напряжение; при  $k < 1$  - понижает напряжение.

При замыкании цепи вторичной обмотки переменный ток этой обмотки  $I_2$ , согласно закону Ленца, создает в сердечнике магнитный поток противоположного магнитному потоку первичной обмотки направления. Магнитный поток в сердечнике ослабляется. Это приводит к ослаблению  $E_1$  в первичной обмотке и возрастанию тока в ней до  $I_1$ . Ток возрастает, пока магнитный поток в сердечнике трансформатора не станет прежним.

Обмотки пронизываются с почти одинаковым магнитным потоком

$\Phi$  ( $\Phi = In$ ), поэтому  $I_1 n_1 = I_2 n_2$ , а  $I_2 / I_1 = n_1 / n_2$

### Трансформация тока. Повышение напряжения.

**Оборудование:**

1. Трансформаторы на вертикальных панелях с одинаковым и разным количеством обмоток (по 1 шт.).
2. Источник электрической энергии на 4 В (выпрямитель В-24М).
3. Вольтметры переменного тока до 4 (2 шт.) и 120В.
4. Амперметры переменного тока до 2 и 6 А.
5. Ключ.
6. Соединительные провода.

Порядок выполнения работы.

3. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке 2.
2. После проверки цепи преподавателем замкнуть ключ; пронаблюдать работу электрической цепи и сделать вывод.

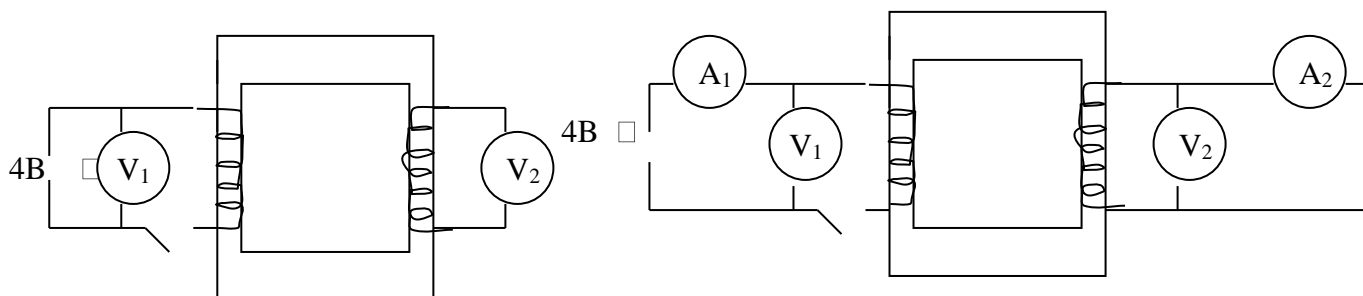


Рис.2

3. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис.3.
4. После проверки цепи преподавателем замкнуть ключ, пронаблюдать работу электрической цепи.
5. Снять показания измерительных приборов и занести их в таблицу
6. Определить коэффициент трансформации и сделать вывод.

Рис.3

№ опыта	Сила тока в обмотках		Напряжение на концах обмоток		Коэффициент трансформации $k$
	Первичной $I_1$ А	Вторичной $I_2$ А	Первичной $U_2$ В	Вторичной $U_1$ В	

### Порядок выполнения работы

1. Составить цепь по схеме, изображенной на рис 4.
2. Замкнуть ключ и, изменяя положение движка реостата, получить минимальный накал лампы.
3. Составить электрическую цепь по схеме изображенной на рис. 5, установив в этой цепи реостат с прежним сопротивлением (положение скользящего его контакта не менять!)

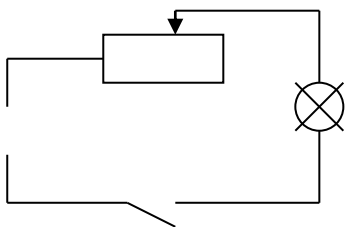


Рис4

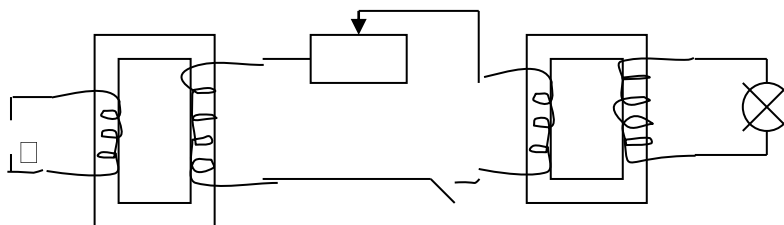


рис 5

4. Замкнуть ключ, пронаблюдать работу установки. Сравнить накал лампы с накалом предыдущего опыта и сделать вывод.

### Контрольные вопросы

1. Рассказать о назначении, устройстве, принципе действия трансформатора.
2. С какой целью магнитопровод набирается из тонких изолированных пластин электротехнической стали? Каков КПД современных трансформаторов.
3. С какой целью для передачи электрической энергии используют трансформатор? Кем впервые была решена задача передачи электроэнергии без больших потерь?
4. Каково напряжение в ЛЭП?
5. Что вы знаете о Единой энергетической системе об энергосистеме «Мир»?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

**Тема:** Геометрическая оптика.

**Наименование работы:** Определение показателя преломления стекла.

**Цель:** Научиться практически определять относительный показатель преломления стекла.

**Теория.** Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т.е. преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

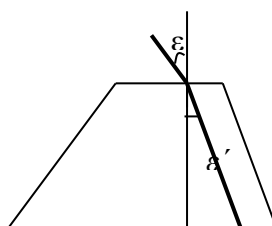
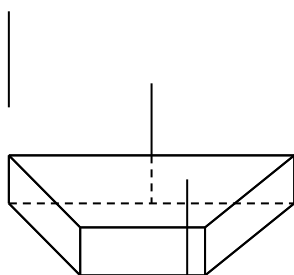
1. Падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным через точку падения луча к границе раздела двух сред.
2. Отношения синуса угла падения  $\varepsilon$  к синусу угла преломления  $\varepsilon'$  - величина постоянная для данных двух сред и называется коэффициентом преломления  $n$  второй среды относительно первой:  $n = \sin \varepsilon / \sin \varepsilon'$

### Оборудование

1. стеклянная пластинка с двумя параллельными гранями.
2. булавки с пластмассовой головкой (3 шт).
3. транспортир.
4. подъемный столик.
5. таблица тригонометрических функций.

### Порядок выполнения работы.

1. На подъемный столик положить развернутую тетрадь для лабораторных работ. На лист тетради плашмя положить стеклянную пластинку и карандашом обвести ее контур.
2. С другой стороны стекла наколоть возможно дальше друг от друга две булавки так, чтобы прямая, проходящая через них, не была перпендикулярна одной из параллельных граней пластинки.



3. Третью булавку расположить по грани с другой стороны стекла и вколоть ее так, чтобы, смотря вдоль всех булавок через стекло, видеть их на одной прямой.
4. Стекло, булавки снять, места наколов отметить точками 1,2,3. Через точку 1 и 2 и 3 провести прямые до пересечения с

контурами стекла. Через точку 2 провести перпендикуляр к границе  $AB$ .

5. Отметить угол падения  $\varepsilon$  и угол преломления  $\varepsilon'$ , транспортиром измерить эти углы и по таблице значений синусов определить синусы измеренных углов.

№ опыта	Угол падения светового луча $\varepsilon$ , град	Угол преломления $\varepsilon'$ , град	Коэффициент преломления, $n$	Среднее значение коэффициента преломления $n_{cp}$	Абсолютная погрешность $\Delta n = n_{cp} - n$	Среднее значение абсолютной погрешности $\Delta n_{cp}$	Относительная погрешность $\delta = \Delta n_{cp} / n_{cp} * 100\%$

6. Опыт повторить 2-3 раза, меняя каждый раз угол  $\varepsilon$ .
7. Вычислить погрешность измерения методом среднего арифметического.
8. Определить погрешность измерения методом среднего арифметического.
9. Результаты измерений, вычислений записать в таблицу.

### Контрольные вопросы

1. В чем сущность явления преломления света и какова причина этого явления?
2. В каких случаях свет на границе раздела двух прозрачных сред?
3. Что называется коэффициентом преломления и в чем различие абсолютного и относительного коэффициентов преломления?
4. Покажите на чертеже ход луча из стекла в воду?
5. Что можно сказать о длине и частоте светового луча при переходе его из воздуха в алмаз?
6. Докажите, что показатель преломления второй среды относительно первой  $n_{2.1} = n_2 / n_1$ ,  $n_1$  и  $n_2$  – соответственно абсолютные показатели первой и второй рассматриваемых сред.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 14

**Тема:** Волновые свойства света

**Наименование работы:** Наблюдение интерференции и дифракции света.

**Цель:** Научиться наблюдать и различать интерференцию и дифракцию света.

**Теория.** Интерференция световых волн – сложение двух волн. Вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства. Наблюдение интерференции света доказывает, что свет при распространении обнаруживает волновые свойства. Интерференционные опыты позволяют измерить длину световой волны: она очень мала от  $4 \cdot 10^{-10}$  до  $8 \cdot 10^{-7}$  м.

Дифракция - огибание волнами краев препятствий – присуща любому волновому движению. Согласно идее Френеля волновая поверхность в любой момент времени представляет собой не просто огибающую вторичных волн, а результат их интерференции (принцип Гюйгенса - Френеля). Дифракция света определяет границы применимости геометрической оптики. Огибание светом препятствий налагает предел на разрешающую способность важнейших оптических инструментов – телескопа и микроскопа.

**Оборудование:**

1. Пластины стеклянные.
2. Лоскуты капроновые или батистовые, засвеченная фотопленка с прорезью, сделанной лезвием бритвы, грампластинка (или осколок грампластинки), штангенциркуль, лампа с прямой нитью накала.

**Порядок выполнения работы:**

**Наблюдение интерференции:**

1. Стеклянные пластины в отраженном свете на темном фоне (располагать их надо так, чтобы на поверхности стекла не образовывались слишком яркие блики от окон или белых стен).
2. В отдельных местах соприкосновения пластин наблюдать яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы.
3. Заметить изменения формы и расположения полученных интерференционных полос с изменением нажима.
4. Попытаться увидеть интерференционную картину в проходящем свете

**Наблюдение дифракции :**

1. Установить между губками штангенциркуля щель шириной 0,5 мм.
2. Приставить щель вплотную к глазу, расположив ее вертикально.
3. Смотри сквозь щель на вертикально расположенную светящуюся нить лампы, наблюдать со стороны обе стороны нити радужные полосы (дифракционные спектры).
4. Изменяя ширину щели от 0,5 до 0,8 мм, заметить, как это изменение влияет на дифракционные спектры.
5. Наблюдать дифракционные спектры в проходящем свете с помощью лоскутов капрона или батиста. Засвеченной фотопленки с прорезью.
6. Провести наблюдение дифракционного спектра в отраженном свете с помощью грампластинки, расположив ее горизонтально на уровне глаз.

**Контрольные вопросы**

1. С какой физической характеристикой световых волн связано различие в цвете?
2. После удара камнем по прозрачному льду возникают трещины, переливающиеся всеми цветами радуги. Почему?
3. Длина волны в воде уменьшается в  $n$  раз ( $n$  – показатель преломления воды относительно воздуха). означает ли это, что ныряльщик под водой не может видеть окружающие предметы в естественном свете?
4. Почему с помощью микроскопа нельзя увидеть атом?
5. Сформулируйте принцип Гюйгенса – Френеля.

## Лабораторная работа № 15

**Тема:** Дифракция света.

**Наименование работы:** Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки.

**Цель работы:** Научиться пользоваться дифракционной решеткой и научиться правильно определять длину световой волны.

**Теория.** Параллельный пучок света, проходя через дифракционную решетку, вследствие дифракции за решеткой, распространяется по всевозможным направлениям и интерферирует. На экране, установленном на пути интерференционную картину. Максимумы света наблюдаются в точках экрана, для которых выполняется условие

$$\Delta = n \lambda, \quad (1)$$

где  $\Delta$  - разность хода волны;  $\lambda$  - длина световой волны;  $n$  - номер максимума. Центральный максимум называют нулевым; для него. Слева и справа от него  $\Delta = 0$ . Располагаются максимумы высших порядков.

Условие возникновения максимума (1) можно записать иначе:

$$\Delta = n \lambda = d \sin \varphi$$

(см. рис1).Здесь  $d$ - период дифракционной решетки;

$\varphi$  - угол, под которым виден световой максимум (угол дифракции). Так как углы дифракции, как правило, малы, то для них можно принять  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ , а  $\operatorname{tg} \varphi = a / b$

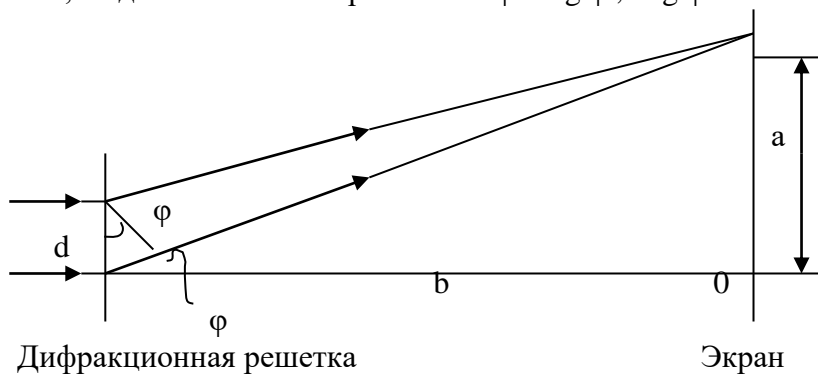


рис1

Поэтому:

$$n \lambda = da / b \quad (2)$$

В данной формуле (2) используют для вычисления длины световой волны.

Анализ формулы (1) показывает, что положение световых максимумов зависит от длины волны монохроматического света: чем больше длина волны, тем дальше максимум от нулевого.

Белый свет по составу сложный. Нулевой максимум для него – белая полоса, а максимумы высших порядков представляют собой семь цветовых полос, совокупность которых называют спектром соответственно I, II ... порядка (рис 2).

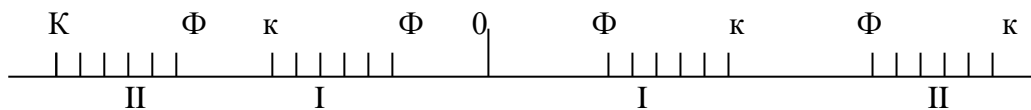


рис 2

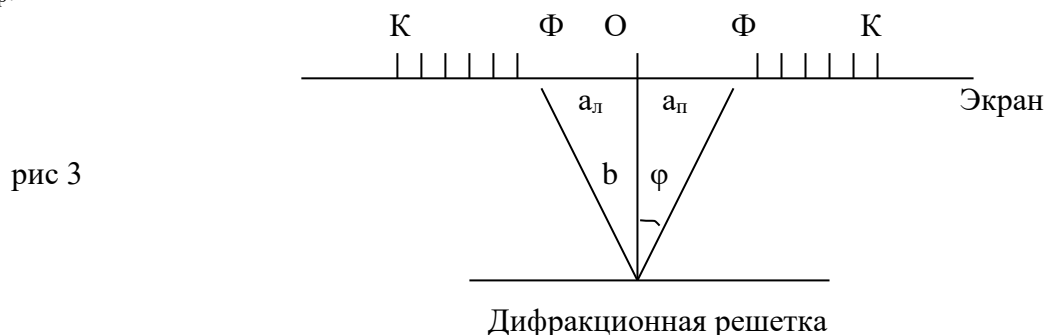
### Оборудование:

1. Прибор для определения длины световой волны.
2. Подставка для прибора.
3. Дифракционная решетка.
4. Лампа с прямой нитью накала в патроне со шнуром и вилок.

### Порядок выполнения работы:

1. Собрать установку.
2. Установить на демонстрационном столе лампу и включить ее.
3. Смотря через дифракционную решетку, направить прибор на лампу так, чтобы через окно экрана прибора была видна нить лампы.
4. Экран прибора установить на возможно большем расстоянии от дифракционной решетки и получить на нем четкое изображение спектров I и II порядков.

- Измерить по шкале бруска установки расстояние «b» от экрана прибора до дифракционной решетки.
- Определить расстояние от нулевого деления (0) шкалы экрана до середины фиолетовой полосы как слева ( $a_{\text{л}}$ ), так и справа ( $a_{\text{п}}$ ), для спектров I порядка (рис 3) и вычислить среднее значение,  $a_{\text{ср}}$ .



- Опыт повторить со спектром II порядка.
- Такие же измерения выполнить и для красных полос дифракционного спектра.
- Вычислить по формуле (2) длину волны фиолетового света для спектров I и II порядка.
- Результаты измерений записать в таблицу.

№ опыта	Период дифракционной решетки d, мм	Порядок спектров n	Расстояние от дифракционной решетки до экрана b, мм	Видимые границы спектра фиолетового света			Видимые границы спектра красного света			Длина световой волны	
				Слева, $a_{\text{л}}$ мм	Справа, $a_{\text{п}}$ мм	Среднее $a_{\text{ср}}$ мм	Слева $a_{\text{л}}$ мм	Справа $a_{\text{п}}$ мм	Среднее $a_{\text{ср}}$ мм	Красного излучения $\lambda_{\text{к}}$ мм	Фиолетового излучения $\lambda_{\text{ф}}$ мм

### Контрольные вопросы.

- Почему нулевой максимум дифракционного спектра белого света - белая полоса, а максимум высших порядков - набор цветных полос?
- Почему максимума располагаются как слева, так и справа от нулевого максимума?
- В каких точках экрана получают I, II, III максимумы?
- Какой вид имеет интерференционная картина в случае монохроматического света. В каких точках экрана получается световой минимум?
- Чему равна ( $\lambda = 0,9$  мкм) дающего 2-й максимум в дифракционном спектре? Определите частоту этого излучения.
- Что называется дифракцией света? При каких условиях она наблюдается?
- Проходя через стеклянную призму белый свет тоже разлагается в спектр. В чем отличие разложения белого света в спектр дифракционной решеткой?
- Сделайте рисунок дифракции света на плоской дифракционной решетке.
- Почему красный свет рассеивается туманом меньше, чем свет другого цвета?
- Как изменяется картина дифракционного спектра при удалении экрана от решетки?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 16

**Тема:** Электрическое сопротивление

Наименование работы: Определение температурного коэффициента сопротивления меди.

**ЦЕЛЬ:** Научиться практически определять температурный коэффициент меди.

**ТЕОРИЯ.** Электрическое сопротивление материалов зависит от температуры. Объясняется это тем, что упорядоченному движению свободных электронов (электрическому току) оказывают противодействие (сопротивление) атомы кристаллической решетки, интенсивность теплового движения которых изменяется с изменением температуры.

У химически чистых металлов с повышением температуры на  $1^\circ$  сопротивление возрастает примерно на 0,004 (1/273) сопротивление при  $0^\circ \text{C}$  и выражается линейной зависимостью  $R_t = R_0 (1 + \alpha \Delta t)$ , где  $R_0$  сопротивление металла при  $0^\circ \text{C}$ ,  $\Delta t$  разность температур (конечной и начальной);  $\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления, показывающий, на какую часть начального сопротивления проводника при  $0^\circ \text{C}$  (273 K) изменяется сопротивление при нагревании на  $1^\circ \text{C}$  или 1 K:

$$\alpha = \Delta R / R_0 \Delta t, \text{ или } \alpha = \Delta R / R_0 \Delta T,$$

где зависимостью  $\Delta R = R_t - R_0$ .

Опытным путем можно определить  $\alpha$ , не прибегая к измерению сопротивления  $R_0$ . Для этого необходимо дважды измерить сопротивление исследуемого материала  $R_1$  и  $R_2$  и  $\Delta t$  при разных температурах  $t_1$  и  $t_2$ . Зная, что  $R_1 = R_0 (1 + \alpha t_1)$ ,  $R_2 = R_0 (1 + \alpha t_2)$ , можно найти отношение  $R_1 / R_2$ , а затем и  $\alpha$ :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + \alpha \cdot t_1}{1 + \alpha \cdot t_2}, \quad \alpha = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1} \quad (1)$$

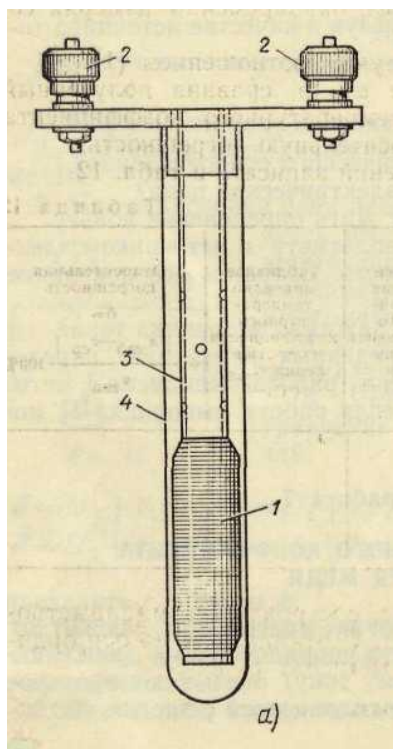
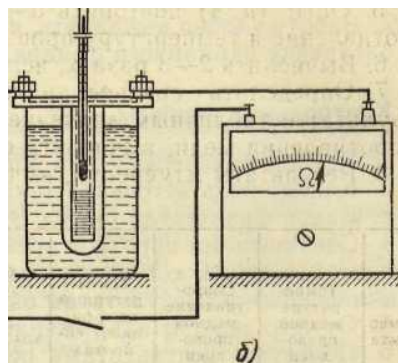


Рис.1



Определяя температурный коэффициент сопротивления с помощью приборов (рис. 1а) состоящего из медной тонкой проволоки 1, намотанный на картонный цилиндр 3, соединенной с клеммами 2 и помещенной в стеклянную пробирку 4.

В картонный цилиндр помещают термометр 5 (рис.1 б) для определения температуры медной проволоки.

**Оборудование.**

1. Прибор для определения температурного коэффициента сопротивления меди.
2. Омметр.
3. Термометр.
4. Внешний сосуд калориметра с водой.

5. Электроплитка.
6. Ключ
7. Соединительные провода.
8. Миллиметровая бумага

**Порядок выполнения работы.**

1. Сосуд с водой поставить на электроплитку и включить ее в осветительную сеть.
2. Определить цену деления шкалы омметра.
3. Измерить сопротивление  $R_1$  медной проволоки при комнатной температуре  $t_1$ .
4. Опустить прибор в воду, установить в нем термометр (рис 1 б). При некоторой температуре  $t_2$  измерить сопротивление  $R_2$  исследуемой проволоки.
5. Опыт (п.4) повторить 5-7 раз, одновременно измеряя сопротивление и температуру проволоки.
6. Вычислить 2-3 раза  $\alpha$ , пользуясь соотношением (1).
7. Определить среднее значение  $\alpha$  и сравнить полученный результат с табличным значением температурного коэффициента сопротивления меди, вычислить относительную погрешность.
8. Результаты измерений, вычислений записать в таблицу.

№ опыта	температура медной проволоки и $t, ^\circ\text{C}$	сопротивление медной проволоки $R$ , Ом	Температурный коэффициент сопротивления $\alpha, (^\circ\text{C})^{-1}$	Среднее значение температурного коэффициента сопротивления $\alpha_{\text{ср}} (^\circ\text{C})^{-1}$	Табличное значение температурного коэффициента сопротивления $\alpha_{\text{табл}} (^\circ\text{C})^{-1}$	Относительная погрешность $\delta =  \alpha_{\text{табл}} - \alpha_{\text{ср}}  / \alpha_{\text{табл}} \cdot 100\%$

9. Используя данные эксперимента, построить (на миллиметровой бумаге) график зависимости  $R_t$  от  $t$ , откладывая на оси ординат сопротивления, на оси абсцисс -температуру в  $^\circ\text{C}$ .

**Контрольные вопросы:**

1. Какова физическая сущность электрического сопротивления?
2. Как объяснить увеличение сопротивления металлов при нагревании?
3. Объяснить формулу, по которой определяется температурный коэффициент сопротивления.
4. Почему температурный коэффициент сопротивления для электролитов отрицательный?
5. Каково сопротивление 0,5 кг медной проволоки диаметром 0,3 мм?
6. Указать практическое применение зависимости сопротивления проводника от температуры.



## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 17

**Тема:** Сплошные и линейчатые спектры

**Наименование работы:** Наблюдение спектров испускания и поглощения.

**Цель:** Научиться работать со спектро스코пом и различать сплошные линейчатые спектры.. Если излучение источника спектра направить на стеклянную призму на пути прошедших через призму лучей поставить кран, то на экране можно наблюдать набор цветных полос- спектр.

Причина наблюдаемого явления состоит в том, что излучения различных частот имеют одинаковую скорость  $c$  в вакууме, а в другой среде (например в стекле) их скорость неодинакова, и зависит от частоты колебаний. Так как коэффициент преломления  $n$  ( $n = c/v$ ) зависит от скорости распространения световых волн то, лучи разных частот преломляются по-разному

Наблюдать спектр можно с помощью спектроскопа, прямого зрения (см рис 1. а)

Прибор состоит из -трубы 1 -(рис 1. б) сложной призмы 2. собирающей линзы 3, закрепленной винтом 4 постоянной щели 5, окуляра 6.

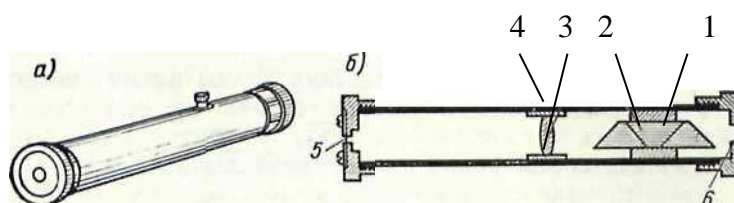


Рис.1

Также спектр можно наблюдать с помощью двухтрубного спектроскопа.

Школьный двухтрубный спектроскоп призматического типа состоит из трех основных узлов (рис. 2): коллиматора А со щелевым устройством, призмы Б и зрительной трубки В.

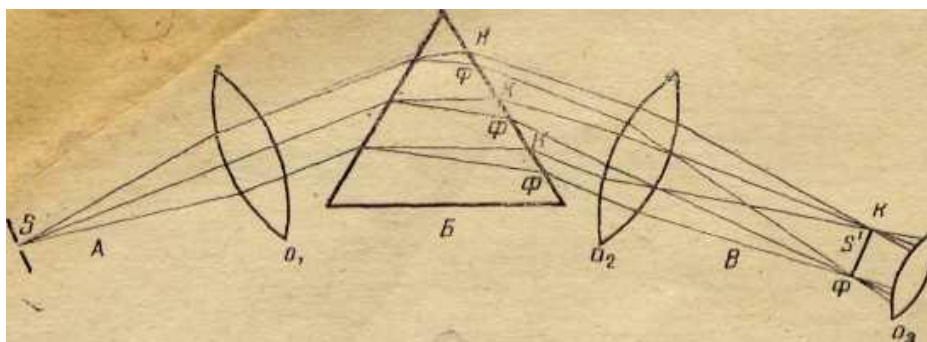


Рис. 2

Двухтрубный спектроскоп состоит из следующих основных частей: треножной подставки 1, стойки 2, столика 3, неподвижного кронштейна, подвижного кронштейна 5 коллиматорной трубки 4, призмы 6, зрительной трубки 8, винтового микрометра 7 и колпачка (рис.3).

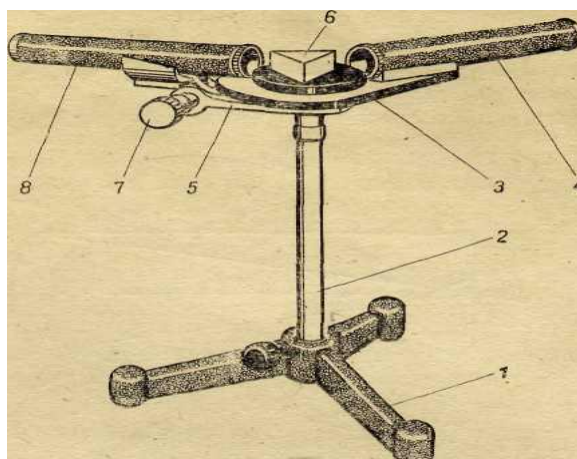


рис.3

## **Оборудование:**

1. Двухтрубный спектроскоп
2. Общие для всех электрическая лампочка, реостат, ключ, источник электрической энергии, люминесцентная лампочка, растворы веществ (медного купороса, марганцево-кислого калия) цветные стекла.
3. Цветные карандаши.

## **Порядок выполнения работы**

### **1. Наблюдение сплошного спектра накаливаемого металла.**

1. На демонстрационном столе установить электрическую лампочку, присоединить ее к источнику электрической энергии через реостат и ключ. Цепь замкнуть.
2. Окуляр спектроскопа приблизить к глазу. Щель спектроскопа направить на накаливаемую нить электрической лампочки. Резкость, изображения спектра отрегулировать передвижением линзы за головку винта 4 .
3. Рассмотреть спектр при полном накале нити лампы, найти в нем все спектральные цвета.
4. Цепь разомкнуть, зарисовать спектр, сохранив последовательно расположения цветов спектра . Приблизить окуляр спектроскопа к глазу и рассмотреть спектр дневного света.
5. Сравнить ранее наблюдаемый спектр со спектром дневного света и сделать вывод.
6. Замкнуть цепь. Продолжать наблюдения спектра накаливаемого металла, уменьшая накал нити. Следить за уменьшением яркости спектра и постепенным исчезновением его составных цветов.
7. Вы вод о результатах наблюдения записать

### **2. Наблюдение спектров поглощения.**

1. Приблизить окуляр спектроскопа к глазу и получить четкий спектр дневного света.
2. Перед щелью спектроскопа поочередно поместить в стеклянном «сосуде» растворы исследуемых веществ и цветные стекла.
3. Рассмотреть полученные спектры: найти линии и место поглощения; обратить внимание на количество линий и место их расположения в каждом контурном случае.
4. Наблюдаемые спектры зарисовать.

### **3. Наблюдение линейчатых спектров.**

1. Включить люминесцентную лампу в электрическую сеть.
2. Щель спектроскопа направить на лампу и рассмотреть сплошной спектр ее люминофора. Обнаружить на фоне сплошного спектра несколько ярких линий паров ртути (фиолетовую, зеленую, желтую).
3. Лампу выключить, линейчатый спектр паров ртути зарисовать.

## **Контрольные вопросы**

1. Какова причина разложения белого света призмой?
2. Как объяснить происхождение линейчатых спектров?
3. В чем различие дифракционного и дисперсионного спектров?
4. Почему при уменьшении напряжения «световая отдача» ламп накаливания уменьшается и свечение приобретает красный оттенок?
5. Будут ли изменяться частота, длина волны, цвет при переходе зеленого света из воздуха в воду.
6. Приведите примеры практического использования спектров?

### 1. Основные физические постоянные (округление значения)

Физическая постоянная	Обозначение	Числовые значения
Ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$g$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$
Число Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Универсальная газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Заряд электрона	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Скорость света в вакууме	$c$	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная закона Стефана-Больцмана	$s$	$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$
Постоянная закона смещения Вина	$C'$	$2,90 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{К}$
Постоянная второго закона Вина	$C''$	$1,30 \cdot 10^{-5} \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К}^5)$
Постоянная Планка	$h$	$6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Планка, делённая на $2\pi$	$\hbar$	$1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Постоянная Ридберга (для атома водорода ${}_1\text{H}^1$ )	$R$	$1,097 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ $0,529 \cdot 10^{-10} \text{ м}$
Радиус первой боровской орбиты	$r_1$	$2,43 \cdot 10^{-12} \text{ м}$ (2,43 пм)
Комптоновская длина волны электрона	$L$	$0,927 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2$
Магнетон Бора	$\mu_B$	$2,18 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$ (13,6 эВ)
Энергия ионизации атома водорода	$E_i$	$1,660 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Атомная единица массы	а.е.м.	$9,00 \cdot 10^{16} \text{ Дж/кг}$
Коэффициент пропорциональности между энергией и массой	$c^2$	(931 МэВ/а.е.м.)

## 2. Плотность твёрдых тел

Твёрдое тело	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Твёрдое тело	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Алюминий	$2,7 \cdot 10^3$	Медь	$8,9 \cdot 10^3$
Барий	$3,5 \cdot 10^3$	Никель	$8,9 \cdot 10^3$
Ванадий	$6,0 \cdot 10^3$	Свинец	$11,3 \cdot 10^3$
Висмут	$9,8 \cdot 10^3$	Серебро	$10,5 \cdot 10^3$
Железо	$7,8 \cdot 10^3$	Цезий	$1,9 \cdot 10^3$
Литий	$0,53 \cdot 10^3$	Цинк	$7,1 \cdot 10^3$

## 3. Плотность жидкостей

Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Жидкость	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Вода (при 4 <sup>0</sup> С)	$1,00 \cdot 10^3$	Ртуть	$13,6 \cdot 10^3$
Глицерин	$1,26 \cdot 10^3$	Спирт	$0,80 \cdot 10^3$
		Сероуглерод	$1,26 \cdot 10^3$

## 4. Плотность газов (при нормальных условиях)

Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Газ	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
Водород	0,09	Гелий	0,18
Воздух	1,29	Кислород	1,43

## 5. Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей

Жидкость	Коэффициент, мН/м	Жидкость	Коэффициент, мН/м
Вода	72	Ртуть	500
Мыльная вода	40	Спирт	22

## 6. Психрометрическая таблица



Показания сухого термометра, °C	Разность показаний сухого и влажного термометра, °C										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Относительная влажность, %										
0	100	81	63	45	28	11	—	—	—	—	—
2	100	84	68	51	35	20	—	—	—	—	—
4	100	85	70	56	42	28	14	—	—	—	—
6	100	86	73	60	47	35	23	10	—	—	—
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	—	—
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	5	—
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	—
14	100	89	79	70	60	51	42	34	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	46	37	30	22	15
18	100	91	82	73	65	56	49	41	34	27	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	51	46	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

## 7. Диэлектрическая проницаемость

Вещество	Проницаемость	Вещество	Проницаемость
Парафин	2,0	Вода	81
Стекло	7,0	Масло трансформаторное	2,2

## 8. Показатель преломления

Вещество	Показатель
Вода	1,33
Глицерин	1,47
Стекло	1,5
Алмаз	2,42

**9. Удельное сопротивление  $\rho$  (при 20 °С) и температурный коэффициент сопротивления  $\alpha$  металлов и сплавов**



Вещество	$\rho$ , $\times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ или $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha$ , $\text{K}^{-1}$	Вещество	$\rho$ , $\times 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ или $\times 10^{-2} \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$	$\alpha$ , $\text{K}^{-1}$
Алюминий	2,8	0,0042	Нихром	110	0,0001
Вольфрам	5,5	0,0048	Свинец	21	0,0037
Латунь	7,1	0,001	Серебро	1,6	0,004
Медь	1,7	0,0043	Сталь	12	0,006
Никелин	42	0,0001	Константан	50	0,00003

Приставка		Кратность и дольность
Название	Обозначение	
тера-	Т	1 000 000 000 000 = $10^{12}$
гига-	Г	1 000 000 000 = $10^9$
мега-	М	1 000 000 = $10^6$
кило-	к	1 000 = $10^3$
гекто-	г	100 = $10^2$
дека-	да	10 = $10^1$
деци-	д	0,1 = $10^{-1}$
санتي-	с	0,01 = $10^{-2}$
милли-	м	0,001 = $10^{-3}$
микро-	мк	0,000 001 = $10^{-6}$
нано-	н	0,000 000 001 = $10^{-9}$
пико-	п	0,000 000 000 001 = $10^{-12}$
фемто-	ф	0,000 000 000 000 001 = $10^{-15}$
атто-	а	0,000 000 000 000 000 001 = $10^{-18}$

### Значения синусов и тангенсов для углов 0-90°

Угол, град	Синус	Тангенс	Угол, град	Синус	Тангенс	Угол, град	Синус	Тангенс
1	0,0175	0,0175	31	0,5150	0,6009	61	0,8746	1,804
2	0,0349	0,0349	32	0,5299	0,6249	62	0,8829	1,881
3	0,0523	0,0524	33	0,5446	0,6494	63	0,8910	1,963
4	0,0698	0,0699	34	0,5592	0,6745	64	0,8988	2,050
5	0,0872	0,0875	35	0,5736	0,7002	65	0,9063	2,145
6	0,1045	0,1051	36	0,5878	0,7265	66	0,9135	2,246
7	0,1219	0,1228	37	0,6018	0,7536	67	0,9205	2,356
8	0,1392	0,1405	38	0,6157	0,7813	68	0,9272	2,475
9	0,1564	0,1584	39	0,6293	0,8098	69	0,9336	2,605
10	0,1736	0,1763	40	0,6428	0,8391	70	0,9397	2,747
11	0,1908	0,1944	41	0,6561	0,8693	71	0,9455	2,904
12	0,2079	0,2126	42	0,6691	0,9004	72	0,9511	3,078
13	0,2250	0,2309	43	0,6820	0,9325	73	0,9563	3,271
14	0,2419	0,2493	44	0,6947	0,9657	74	0,9613	3,487
15	0,2588	0,2679	45	0,7071	1,0000	75	0,9659	3,737
16	0,2756	0,2867	46	0,7193	1,036	76	0,9703	4,011
17	0,2924	0,3057	47	0,7314	1,72	77	0,9744	4,331
18	0,3090	0,3249	48	0,7431	1,111	78	0,9781	4,705
19	0,3256	0,3443	49	0,7547	1,150	79	0,9816	5,145
20	0,3420	0,3640	50	0,7660	1,192	80	0,9848	5,671
21	0,3584	0,3839	51	0,7771	1,235	81	0,9877	6,314
22	0,3746	0,4040	52	0,7880	1,280	82	0,9903	7,115
23	0,3907	0,4245	53	0,7986	1,327	83	0,9925	8,114
24	0,4067	0,4452	54	0,8090	1,376	84	0,9945	9,514
25	0,4226	0,4663	55	0,8192	1,428	85	0,9962	11,43
26	0,4384	0,4877	56	0,8290	1,483	86	0,9976	14,30
27	0,4540	0,5095	57	0,8387	1,540	87	0,9986	19,08
28	0,4695	0,5317	58	0,8480	1,600	88	0,9994	28,64
29	0,4848	0,5543	59	0,8572	1,664	89	0,9998	57,29
30	0,5000	0,5774	60	0,8660	1,732	90	1,0000	