

Областное государственное бюджетное профессиональное образовательное  
учреждение  
«Ульяновский техникум железнодорожного транспорта»

**СБОРНИК МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЙ  
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ НА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ**

**ДИСЦИПЛИНА «ОУД. 09. ФИЗИКА (ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ)»**

*общеобразовательный цикл*

*программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих по  
профессии*

*08.01.26 Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем  
жилищно-коммунального хозяйства*

**ДЛЯ СТУДЕНТОВ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ**

Ульяновск, 2020 г

Составитель: *Белов Николай Александрович*, преподаватель ОГБПОУ УТЖТ

Методические указания для выполнения практических работ являются частью программы подготовки квалифицированных рабочих, служащих по профессии 08.01.26 Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства в соответствии с требованиями ФГОС ТОП-50 по профессии 08.01.26 Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 09.12.2016 г. № 1578.

Методические указания по выполнению практических работ адресованы студентам очной формы обучения.

Методические указания включают в себя учебную цель, перечень образовательных результатов, заявленных во ФГОС ТОП-50, задачи, обеспеченность занятия, краткие теоретические и учебно-методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала, задания для практической работы студентов и инструкцию по ее выполнению, методику анализа полученных результатов, порядок и образец отчета о проделанной работе.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| СОДЕРЖАНИЕ .....   | 3  |
| Темы и трудоемкость практических занятий .....                   | 6  |
| Практическое занятие № 1-2 .....                                 | 11 |
| Практическое занятие № 3-4 .....                                 | 13 |
| Практическое занятие № 5-6 .....                                 | 17 |
| Практическое занятие № 7-8 .....                                 | 19 |
| Практическое занятие № 9-10 .....                                | 21 |
| Практическое задание № 11-12 .....                               | 23 |
| Практическое занятие № 13-14 .....                               | 25 |
| Практическое занятие № 15-16 .....                               | 27 |
| Практическое занятие № 17-18 .....                               | 30 |
| Практическое занятие № 19-20 .....                               | 33 |
| Практическое занятие № 21-22 .....                               | 40 |
| Практическое занятие № 23-24 .....                               | 43 |
| Практическое занятие № 25-26 .....                               | 46 |
| Практическое занятие № 27-28 .....                               | 48 |
| Практическое занятие № 29-30 .....                               | 50 |
| Практическое занятие № 31-32 .....                               | 54 |
| Практическое занятие № 33-34 .....                               | 57 |
| Практические занятия № 35-36 .....                               | 59 |
| Практическое занятие № 37-38 .....                               | 61 |
| Практическое занятие № 39-40 .....                               | 63 |
| Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, ..... | 70 |

Методические указания по выполнению различного вида работ на практических занятиях по дисциплине ОУД.10 Физика предназначены для обучающихся по профессии 08.01.26 Мастер по ремонту и обслуживанию инженерных систем жилищно-коммунального хозяйства

Задания практических занятий выполняются обучающимися самостоятельно во время образовательного процесса в соответствии с календарно-тематическим планированием на основании нормативных документов, методических указаний, полученных теоретических знаний.

В результате выполнения заданий в ходе практических занятий обучающийся должен научиться уметь:

- владеть основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом

- обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы

Обучающиеся в ходе выполнения заданий закрепляют ранее полученные знания, знакомятся с новым материалом, необходимым для выполнения практической части заданий.

Практические занятия проходят в форме практических работ.

В настоящих методических указаниях приведены рекомендации обучающимся по выполнению заданий практических работ, теоретические сведения по темам, задания для самостоятельного выполнения и контрольные вопросы для контроля знаний и умений.

Методические указания призваны помочь обучающимся правильно организовать выполнение практических работ и рационально использовать свое время при овладении содержанием учебного материала по дисциплине **ОУД.09 Физика (профильный уровень)**, в закреплении теоретических знаний и овладении практических умений.

### **Правила выполнения практических занятий**

*Подготовка к Практическим занятиям:*

Практические занятия в группах проводятся в соответствии с расписанием учебных занятий и в течении определенного времени. Поэтому для выполнения практических занятий студент должен руководствоваться следующими положениями:

1. Внимательно ознакомиться с описанием соответствующей практического занятия и установить, в чем состоит основная цель и задача этого занятия.

2. По лекционному курсу в соответствии с литературным источником изучить теоретическую часть, относящуюся к данному практическому занятию.

3. До выполнения практического занятия подготовить в Практической тетради соответствующие схемы, построение графиков, таблицы измерений и расчетные формулы.

4. Неподготовленные к работе студенты к выполнению практического занятия не допускаются.

5. К выполнению работ допускаются учащиеся, прошедшие инструктаж по технике безопасности

**Общие требования.**

Для более эффективного выполнения практических 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.

**5. Форма отчета.**

После окончания работы каждый учащийся составляет отчет по следующей схеме:

1. дата, наименование и номер работы;
2. цель работы;
3. запись - с инструкцией по технике безопасности ознакомлен.
4. перечень оборудования;
5. схема или зарисовка установки;
6. запись цены деления шкалы измерительного прибора;
7. таблица результатов измерений и вычислений заполняется по ходу работы;
8. расчетная формула, обработка результатов измерений и определение относительной погрешности.
9. краткий вывод из работы.
10. ответы на контрольные вопросы

Небрежное оформление отчета, исправление уже написанного недопустимо.

Темы и трудоемкость практических занятий

| <b>Наименование<br/>темы</b>                                 | <b>раздела,<br/>Тема работы</b>   | <b>Кол-во<br/>час</b> |
|--|---|-----------------------|
| <b>Раздел 1. Механика</b>                                    |   |                       |
| Тема 1.2 Законы механики Ньютона.                            | <u>Практическое занятие № 1<br/>Исследование движения тела под действием постоянной силы</u>                            | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 2<br/>Исследование движения тела под действием постоянной силы</u>                            | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 3 Изучение особенностей силы трения (скольжения)</u>  | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 4 Изучение особенностей силы трения (скольжения)</u>  | 1                     |
| Тема 1.3 Законы сохранения в механике                        | <u>Практическое занятие № 5 Изучение закона сохранения импульса и реактивного движения</u>                              | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 6 Изучение закона сохранения импульса и реактивного движения</u>                              | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 7 Сохранение механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости</u> | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 8 Сохранение механической энергии при движении тела под действием сил тяжести и упругости</u> | 1                     |
| <b>Раздел 2. Основы молекулярной физики и термодинамики.</b> |   |                       |
| Тема 2.3 Свойства паров.                                     | <u>Практическое занятие № 9 Измерение влажности воздуха.</u>  | 1                     |
|  | <u>Практическое занятие № 10 Измерение влажности воздуха.</u>   | 1                     |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | <u>Практическое занятие №11 Изучение особенностей теплового расширения воды</u>   | 1 |
|   | <u>Практическое занятие №12 Изучение особенностей теплового расширения воды</u>   | 1 |
| <b>Тема 2.4 Свойства жидкостей.</b>     | <u>Практическое занятие № 13 Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости.</u>                 | 1 |
|   | <u>Практическое занятие № 14 Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости.</u>                 | 1 |
| <b>Тема 2.5 Свойства твердых тел.</b>   | <u>Практическое занятие №15 Наблюдение процесса кристаллизации.</u>   | 1 |
|   | <u>Практическое занятие №16 Наблюдение процесса кристаллизации.</u>   | 1 |
|   | <u>Практическое занятие №17 Изучение теплового расширения твердых тел</u>   | 1 |
|   | <u>Практическое занятие №18 Изучение теплового расширения твердых тел</u>   | 1 |
| <b>Раздел 3. Электродинамика</b>        |   |   |
| <b>Тема 3.2 Законы постоянного тока</b> | <u>Практическое занятие №19 Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников.</u> | 1 |
|   | <u>Практическое занятие №20 Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников.</u> | 1 |
|   | <u>Практическое занятие № 21 Изучение закона Ома для полной цепи</u>  | 1 |
|   | <u>Практическое занятие № 22 Изучение закона Ома для полной цепи</u>  | 1 |
|   | <u>Практическое занятие № 23 Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.</u>                                      | 1 |
|   | <u>Практическое занятие № 24 Измерение</u>  | 1 |

|                              |                            |  |   |
|------------------------------|----------------------------|--|---|
|                              |                            | Практическое занятие № 25<br><u>Определение коэффициента полезного действия электрического чайника.</u>    | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие № 26<br><u>Определение коэффициента полезного действия электрического чайника.</u>    | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие № 27<br><u>Определение температуры нити лампы накаливания</u>                         | 1 |
| Тема 3.5                     | Электромагнитная индукция. | Практическое занятие № 29<br><u>Изучение явления электромагнитной индукции</u>                             | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие № 30<br><u>Изучение явления электромагнитной индукции</u>                             | 1 |
| Раздел 4. Колебания и волны. |                            |  |   |
| Тема 4.1                     | Механические колебания.    | Практическое занятие №31<br><u>Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.</u> | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие №32<br><u>Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити.</u> | 1 |
| Тема 4.3                     | Электромагнитные колебания | Практическое занятие №33<br><u>Изучение работы трансформатора</u>  | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие №34<br><u>Изучение работы трансформатора</u>  | 1 |
| Раздел 5. Оптика.            |                            |  |   |
| Тема 5.1                     | Природа света.             | Практическое занятие №35<br><u>Изучение закона преломления</u>   | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие №36<br><u>Изучение закона преломления</u>   | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие № 37<br><u>Изучение изображения предметов в тонкой линзе.</u>                         | 1 |
|                              |                            | Практическое занятие № 38<br><u>Изучение изображения предметов в тонкой линзе.</u>                         | 1 |
| Тема 5.2                     | Волновые свойства света    | Практическое занятие № 39<br><u>Определение длины световой волны с</u>                                     | 1 |

|                           |   |           |
|---------------------------|---|-----------|
|                           | <i>помощью дифракционной решетки</i>  |           |
|                           | <u>Практическое занятие № 40</u><br><u>Определение длины световой волны с</u><br><u>помощью дифракционной решетки</u> | 1         |
| <b><i>Всего часов</i></b> |   | <b>40</b> |



## Практическое занятие № 1-2

### Исследование движения тела под действием постоянной силы

**Цель работы:** измерить ускорение шарика, скатывающегося по наклонному желобу.

**Оборудование:** пластиковый желоб, штатив с муфтой и зажимом, стальной шарик, металлический цилиндр, линейка, секундомер.

#### Теория

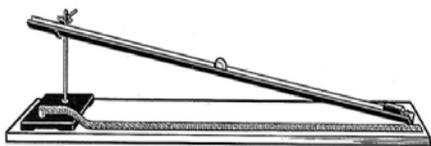
Движение шарика, скатывающегося по желобу, приближённо можно считать равноускоренным. При равноускоренном движении без начальной скорости модуль

перемещения  $s$ , модуль ускорения  $a$  и время движения  $t$  связаны соотношением  $s=at^2/2$ .

Поэтому, измерив  $s$  и  $t$ , мы можем найти ускорение  $a$  по формуле

Чтобы повысить точность измерения, ставят опыт несколько раз, а затем вычисляют средние значения измеряемых величин.

Ход работы



1. Соберите установку, изображённую на рисунке (верхний конец желоба должен быть на несколько сантиметров выше нижнего). Положите в желоб у его нижнего конца металлический цилиндр. Когда шарик, скатившись, ударится о цилиндр, звук удара поможет точнее определить время движения шарика.
2. Отметьте на желобе начальное положение шарика, а также его конечное положение – верхний торец металлического цилиндра.
3. Измерьте расстояние между верхней и нижней отметками на желобе (модуль  $s$  перемещения шарика) и результат измерения запишите в таблицу, помещённую в тетради для практических работ. Ниже приведены первые две строки этой таблицы.

| № | $S, м$ | $t, с$ | $t_{ср.} с$ | $a, м/с^2$ |
|---|--------|--------|-------------|------------|
|   |        |        |             |            |

4. Выбрав момент, когда секундная стрелка находится на делении, кратном десяти, отпустите шарик без толчка у верхней отметки и измерьте, какое время  $t$  пройдёт до удара шарика о цилиндр.

Повторите опыт 5 раз, записывая в таблицу результаты измерений. При проведении каждого опыта пускайте шарик из одного и того же начального положения, а также следите за тем, чтобы верхний торец цилиндра находился у соответствующей отметки.

5. Вычислите  $t_{cp} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5}{5}$  и результат запишите в таблицу.

6. Вычислите ускорение  $a$ , с которым скатывался шарик. Результат вычислений запишите в таблицу.

7. Запишите в тетради для практических работ вывод: что вы измеряли и какой получен результат.

Контрольные вопросы.

1) Мальчик съезжает на санках равноускоренно со снежной горки. Скорость санок в конце спуска 10 м/с. Ускорение равно 1 м/с<sup>2</sup>, начальная скорость равна нулю. Длина горки равна

- 1) 75 м    2) 50 м    3) 25 м    4) 100 м

2) При равноускоренном движении автомобиля на пути 25 м его скорость увеличилась от 5 до 10 м/с. Ускорение автомобиля равно

- 1) 1,5 м/с<sup>2</sup>    2) 2,0 м/с<sup>2</sup>    3) 1,0 м/с<sup>2</sup>    4) 0,5 м/с<sup>2</sup>

От чего зависит ускорение тела в данном опыте?

## Практическое занятие № 3-4

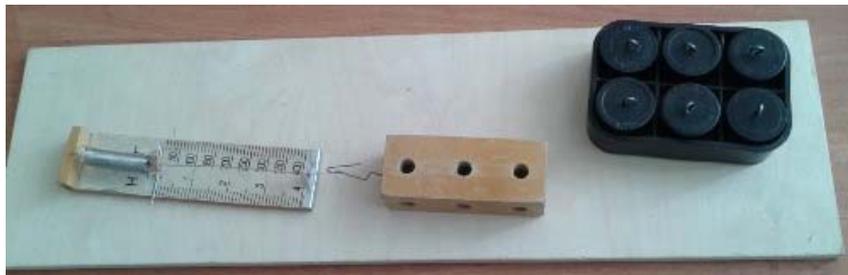
### Исследование движения тела под действием постоянной силы

#### (Исследование зависимости силы трения скольжения от веса тела)

**Цель работы:** 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.

#### Ход 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 растет сила нормального давления.

5. Результаты измерений занесите в таблицу.

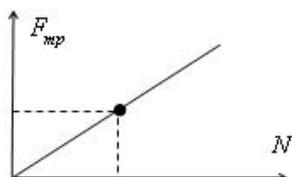
| № опыта | Масса бруска, $m_1$ , кг | Масса груза, $m_2$ , кг | Общий вес тела (сила нормального давления), $P=N=(m_1+m_2)g$ , Н | Сила трения, $F_{тр}$ , Н | Коэффициент трения, $\mu$ | Среднее значение коэффициента трения, $\mu_{ср}$ |
|---------|--------------------------|-------------------------|--|---------------------------|---------------------------|--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

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

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?

### Вариант выполнения Практической работы.

5. Результаты измерений:

| № 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       |                          | 0,1                     |  | 0,4                       |                           |  |
| 2       |                          | 0,2                     |  | 0,6                       |                           |  |
| 3       |                          | 0,3                     |  | 0,8                       |                           |  |

|   |      |     |  |     |  |  |
|---|------|-----|--|-----|--|--|
| 4 | 0,07 | 0,4 |  | 1   |  |  |
| 5 |      | 0,5 |  | 1,2 |  |  |

## Практическое занятие № 5-6

### Изучение закона сохранения импульса и реактивного движения

**Цель работы:** проверка на практике законов сохранения энергии и импульса на примере упругого соударения тел.

**Оборудование:** штатив с двумя подвесами, набор шаров, масштабная линейка

#### Теория.

Векторная величина  $p$ , равная произведению массы  $m$  материальной точки на ее скорость  $v$ , и имеющая направление скорости, называется импульсом, или количеством движения, этой материальной точки  $p = m v$

Закон сохранения импульса: Импульс замкнутой механической системы не меняется с течением времени (сохраняется) при любых взаимодействиях материальных точек системы между собой.

Закон сохранения энергии: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия сохраняется, т.е. не меняется со временем.  $K+W=E=const$

#### Ход работы

1

Соберите

установку.

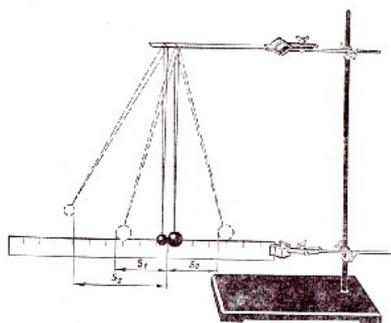


рис.1

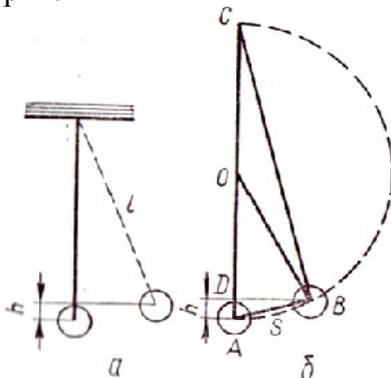


рис.2

2. Определите массу шаров на весах и измерьте длину их подвеса.
3. Отведите большой шар на 5-7см ( $s_0$ ) в сторону и отпустите его, произведя прямой удар по другому шару. Заметьте максимальные отклонения шаров после удара  $s_1$  и  $s_2$ .

4. Определите скорости шаров до и после удара:

$$v = \sqrt{2gh} \sqrt{2gh}$$

5. Высоту подъема шара определите по максимальному отклонению  $s$  от положения равновесия (см. рис.2).

$$AB_2 = AC \cdot AD \quad S_2 = 2lhh = \frac{S^2 S^2}{2l2l}$$

Тогда скорости шаров:  $v_{01} = s_0 \sqrt{gl} \sqrt{gl}$ ,  $v_1 = s_1 \sqrt{gl} \sqrt{gh}$ ;  $v_2 = s_2 \sqrt{gl} \sqrt{gl}$

6. Вычислите импульсы шаров до и после взаимодействия.

7. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

| $m_1$ ,<br>кг | $m_2$ ,<br>кг | $h$ ,<br>м | $t$ ,<br>с | $l$ ,<br>м | $x_{01}$ ,<br>м/с | $x_1$ ,<br>м/с | $x_2$ ,<br>м/с | $p_{01}$ ,<br>кг·м/с | $p_1$ ,<br>кг·м/с | $p_2$ ,<br>кг·м/с |
|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------------------|----------------|----------------|----------------------|-------------------|-------------------|
|               |               |            |            |            |                   |                |                |                      |                   |                   |

Контрольные вопросы:

1. Что называют импульсом тела?

2. Сформулируйте закон сохранения импульса

3. При каких условиях выполняется закон сохранения импульса?

4. Математическая запись закон сохранения импульса

Вывод:

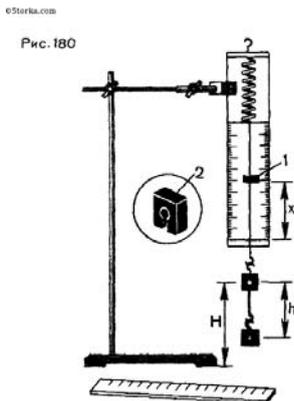
**СОХРАНЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ДВИЖЕНИИ ТЕЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СИЛ ТЯЖЕСТИ И УПРУГОСТИ.**

**Цель:** научиться измерять потенциальную энергию поднятого над землей тела и упругодеформированной пружины, сравнивать два значения потенциальной энергии системы.

**Оборудование:** штатив с муфтой и лапкой, динамометр лабораторный с фиксатором, лента измерительная, груз на нити длиной около 25 см.

**Порядок выполнения работы:**

1. Собрать установку, изображенную на рисунке.



2. Поднять груз почти до крючка динамометра и измерить высоту  $h_1$  груза над столом (удобно измерять высоту, на которой находится нижняя грань груза).
3. Отпустите груз без толчка. Падая, груз растянет пружину, и фиксатор переместится по стержню вверх. Затем, растянув рукой пружину так, чтобы фиксатор оказался у ограничительной скобы, измерьте  $F$ ,  $x$  и  $h_2$ .
4. Вычислите: а) вес груза  $P = mg$ ; б) увеличение потенциальной энергии пружины ;  
в) уменьшение потенциальной энергии груза  $|\Delta E_{гр}| = P(h_1 - h_2)$ .
5. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу.

**Отчет о выполнении:**

| $P, Н$ | $h_1, м$ | $h_2, м$ | $F, Н$ | $x, м$ | $ \Delta E_{гр} , Дж$ | $E_{пр}, Дж$ | $E_{пр} /  \Delta E_{гр} $ |
|--------|----------|----------|--------|--------|-----------------------|--------------|----------------------------|
|        |          |          |        |        |                       |              |                            |

$P$ - вес груза;  $\Delta E_{гр}$ – уменьшение потенциальной энергии груза;  $E_{пр}$  – увеличение потенциальной энергии пружины.

Вычисления:

Вывод:

Контрольные вопросы:

1. Какой вид механической энергии преобладает при движении тела и прямо зависит от скорости движения?

2. Мяч массой 0,5 кг брошен вертикально вверх со скоростью 10 м/с. Чему равна потенциальная энергия мяча в высшей точке подъема?

3. Спортсмен массой 60 кг прыгает с 10-метровой вышки в воду. Чему равны: потенциальная энергия спортсмена относительно поверхности воды перед прыжком; его кинетическая энергия при вхождении в воду; его потенциальная и кинетическая энергия на высоте 5 м относительно поверхности воды? Сопротивлением воздуха пренебречь?

## Практическое занятие № 9-10

### Измерение влажности воздуха.

**Цель:** Научиться определять относительную влажность, в домашних условиях.

**Приборы и материалы:** термометр спиртовой, влажная тряпочка, психрометрическая таблица.

#### Теория

Для хорошего самочувствия человека и нормального хода многих технологических процессов совершенно безразлично, насколько водяной пар, содержащийся в воздухе, далек от насыщения. Если в воздухе содержится мало водяных паров, то это создает чувство сухости во рту, одежда "электризуется" и липнет к телу. Если же пар, содержащийся в воздухе, наоборот, почти насыщен, то при малейшем понижении температуры наступит конденсация пара, и все предметы покроются капельками влаги (росы).

Ученые физики ввели физическую величину, характеризующую влажность воздуха. Она должна показывать, насколько пар, содержащийся в воздухе, далек от насыщения. Такую величину называют относительной влажностью воздуха:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_{\text{нас}}} \cdot 100\%$$

○  $\varphi$ - относительная влажность, %

○  $\rho$  - плотность пара, кг/м<sup>3</sup>

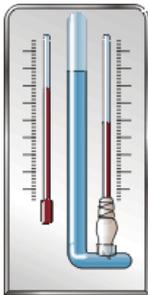
$\rho_{\text{нас}}$  - плотность насыщенного пара (при той же температуре), кг/м<sup>3</sup>

Для характеристики влажности воздуха ввели такое понятие как парциальное давление.

**Парциальное давление** - это давление которое производил бы водяной пар в отсутствии других газов в воздухе. Тогда Влажность воздуха можно определить по формуле **Относительная влажность воздуха** показывает выраженную в процентах долю, которую составляет плотность пара, содержащегося в данный момент в воздухе, от плотности насыщенного пара для этой же температуры.

Устройство и принцип действия **психрометра** – прибора для определения температуры и влажности воздуха.

Психрометр Августа имеет два термометра: "сухой" и "влажный". Они так называются потому, что конец одного из термометров находится в воздухе, а конец второго обвязан кусочком марли, погруженным в воду. Испарение воды с поверхности влажного термометра приводит к понижению его температуры. Второй же, сухой термометр, показывает обычную температуру воздуха



### Ход работы:

1. Подготовить таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

| № опыта | $t_{\text{сухого}}, ^\circ\text{C}$ | $t_{\text{влажного}}, ^\circ\text{C}$ | $\Delta t, ^\circ\text{C}$ | $\varphi, \%$ |
|---------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------|
| 1       |                                     |                                       |                            |               |
| 2       |                                     |                                       |                            |               |
| 3       |                                     |                                       |                            |               |

2. Рассмотреть устройство психрометра.
3. По показаниям сухого термометра измерить температуру воздуха  $t_{\text{сухого}}$  в помещении.
4. Записать показания термометра, резервуар которого обмотан марлей  $t_{\text{влажного}}$
5. Вычислить разность показаний термометров  $\Delta t = t_{\text{сухого}} - t_{\text{влажного}}$
6. По психрометрической таблице определить влажность воздуха  $\varphi$
7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
8. Сделайте вывод о том, нормальная ли влажность воздуха в помещении.
9. Ответьте на контрольные вопросы.

#### 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 меньше показаний «сухого» термометра?
3. Могут ли в ходе опытов температуры «сухого» и «влажного» термометров оказаться одинаковыми?
4. При каком условии разности показаний термометров наибольшая?
5. Может ли температура «влажного» термометра оказаться выше температуры «сухого» термометра?
6. Сухой и влажный термометр психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
7. Каким может быть предельное значение относительной влажности воздуха?

## Практическое задание № 11-12

### Изучение особенностей теплового расширения воды

**Цель работы:** пронаблюдать тепловое расширения воды и изучить его особенности.

**Оборудование:** стеклянная колба с водой, стеклянная трубка, сосуд с горячей водой.

#### Теория

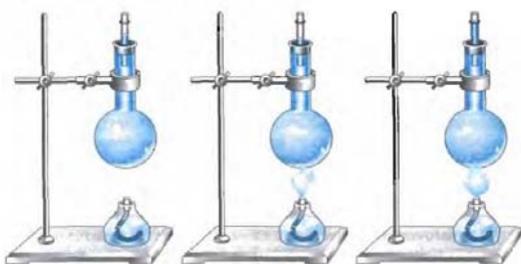
Вода - жидкость без запаха, вкуса и цвета (в толстых слоях голубоватая).

Температура плавления -  $0^{\circ}\text{C}$ , температура кипения -  $100^{\circ}\text{C}$ .

При нагревании увеличиваются не только длина тела, но также и другие линейные размеры. Изменение линейных размеров тела при нагревании называют линейным расширением. Если однородное тело (например, стеклянная трубка) нагревается одинаково во всех частях, то оно, расширяясь, сохраняет свою форму.

При нагревании увеличиваются не только длина тела, но также и другие линейные размеры. Изменение линейных размеров тела при нагревании называют линейным расширением. Если однородное тело (например, стеклянная трубка) нагревается одинаково во всех частях, то оно, расширяясь, сохраняет свою форму. Объемное же расширение жидкостей нетрудно наблюдать.

#### Ход работы



- 1) Наполним колбу подкрашенной водой или другой жидкостью и заткнем её пробкой со стеклянной трубкой так, чтобы жидкость вошла в трубку.
- 2) Поднести к колбе снизу сосуд с горячей водой.
- 3) Описать наблюдаемые явления и объяснить их причину (в первый момент жидкость в трубке опустится, а затем начнет подниматься).
  - а) Подкрашенная вода вошла из колбы в пробку.
  - б) К колбе снизу подносится сосуд с горячей водой. В первый момент погружения колбы жидкость в трубке опускается.
  - в) Уровень в трубке через некоторое время устанавливается выше, чем до нагревания колбы.

## Примеры расширения воды в природе

Самое распространенное на поверхности Земли вещество — вода — имеет особенность, отличающую её от большинства других жидкостей. Она расширяется при нагревании только свыше 4 °С. От 0 до 4 °С объем воды, наоборот, при нагревании уменьшается. Таким образом, наибольшую плотность вода имеет при 4 °С. Эти данные относятся к пресной (химически чистой) воде. У морской воды наибольшая плотность наблюдается примерно при 3 °С. Увеличение давления тоже понижает температуру наибольшей плотности воды.

Особенности расширения воды имеют громадное значение для климата Земли. Большая часть (79%) поверхности Земли покрыта водой. Солнечные лучи, падая на поверхность воды, частично отражаются от нее, частично проникают внутрь воды и нагревают её. Если температура воды низка, то нагретые слои (например, при 2 °С) более плотны, чем холодные (например, при 1 °С), и потому опускаются вниз. Их место занимают холодные слои, в свою очередь нагревающиеся. Таким образом, происходит непрерывная смена слоев воды, что способствует равномерному прогреванию всей толщи воды, пока не будет достигнута температура, соответствующая максимальной плотности.

При дальнейшем нагревании верхние слои становятся все менее плотными, а потому и остаются сверху.

Вследствие этого большие толщи воды сравнительно легко прогреваются солнечными лучами лишь до температуры наибольшей плотности воды; дальнейшее прогревание нижних слоев идет крайне медленно. Наоборот, охлаждение воды до температуры наибольшей плотности идет сравнительно быстро, а затем процесс охлаждения замедляется. Все это ведет к тому, что глубокие водоемы на поверхности Земли имеют, начиная с некоторой глубины, температуру, близкую к температуре наибольшей плотности воды (4 °С). Верхние слои морей в теплых странах могут иметь температуру, значительно более высокую (30 °С и более).

## Контрольные вопросы

1. При какой температуре начинает происходить тепловое расширение воды?
2. При какой температуре объем воды при нагревании уменьшается?
3. При какой температуре вода имеет наибольшую плотность?
4. Чем отличается морская вода от пресной?

## Практическое занятие № 13-14

### Изучение капиллярных явлений, обусловленных поверхностным натяжением жидкости.

**Цель работы:** измерить средний диаметр капилляров.

**Оборудование:** сосуд с подкрашенной водой, полоска фильтровальной бумаги размером 120 x 10 мм, полоска хлопчатобумажной ткани размером 120 x 10 мм, линейка измерительная.

#### Теория.

Смачивающая жидкость втягивается внутрь капилляра. Подъём жидкости в капилляре происходит до тех пор, пока результирующая сила, действующая на жидкость вверх,  $F_B$  не уравновесится силой тяжести  $mg$  столба жидкости высотой  $h$ :

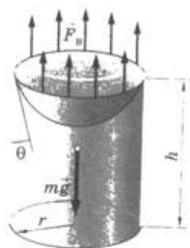
$$F_B = mg.$$

По третьему закону Ньютона сила  $F_B$ , действующая на жидкость, равна силе поверхностного натяжения  $F_{\text{пов}}$ , действующей на стенку капилляра по линии соприкосновения её с жидкостью:

$$F_B = F_{\text{пов}}.$$

Таким образом, при равновесии жидкости в капилляре

$$F_{\text{пов}} = mg. \quad (1)$$



Будем считать, что мениск имеет форму полусферы, радиус которой  $r$  равен радиусу капилляра. Длина контура, ограничивающего поверхность жидкости, равна длине окружности:

$$l = 2\pi r.$$

Тогда сила поверхностного натяжения равна:

$$F_{\text{пов}} = \sigma 2\pi r, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение жидкости

Масса столба жидкости объёмом  $V = \pi r^2 h$  равна:

$$m = \rho V = \rho \pi r^2 h. \quad (3)$$

Подставляя выражение (2) для  $F_{\text{пов}}$  и массы (3) в условие равновесия жидкости в капилляре, получим

$$\sigma 2\pi r = \rho \pi r^2 h g,$$

откуда диаметр капилляра

$$D = 2r = 4\sigma / \rho g h. \quad (4)$$

#### Ход работы:

1. Полосками фильтровальной бумаги и хлопчатобумажной ткани одновременно прикоснитесь к поверхности подкрашенной воды в стакане (рисунок 2), наблюдая поднятие воды в полосках.
2. Как только прекратится подъём воды, полоски выньте и измерьте линейкой высоты  $h_1$  и  $h_2$  поднятия в них воды.



Рис 2.

2. Абсолютные погрешности измерения  $\Delta h_1$  и  $\Delta h_2$  принимают равными удвоенной цене деления линейки.

$$\Delta h_1 = 2 \text{ мм}; \Delta h_2 = 2 \text{ мм}.$$

4. Рассчитайте диаметр капилляров по формуле (4).

$$D_1 = 4\sigma / \rho g h_1$$

$$D_2 = 4\sigma / \rho g h_2.$$

Для воды  $\sigma \pm \Delta\sigma = (7,3 \pm 0,05) \times 10^{-2} \text{ Н/м}$ .

5. Рассчитайте абсолютные погрешности  $\Delta D_1$  и  $\Delta D_2$  при косвенном измерении диаметра капилляров.

$$\Delta D_1 = D_1(\Delta\sigma / \sigma + \Delta h_1 / h_1);$$

$$\Delta D_2 = D_2(\Delta\sigma / \sigma + \Delta h_2 / h_2).$$

Погрешностями  $\Delta g$  и  $\Delta \rho$  можно пренебречь.

6. Окончательный результат измерения диаметра капилляров представьте в виде

$$D_1 \pm \Delta D_1 =$$

$$D_2 \pm \Delta D_2 =$$

7. Сделать вывод из работы.

Контрольные вопросы

1. Какие виды жидкостей существуют? Привести примеры.
2. От чего зависит поверхностное натяжение?
3. Почему уровень однородной жидкости в различных капиллярных трубках сообщающихся сосудов различный?
4. Приведите примеры явления капиллярности в быту, природе и технике.

## Практическое занятие №15-16

### Наблюдение процесса кристаллизации.

**Цель:** научиться создавать кристаллы, пронаблюдать за ростом кристалла.

**Оборудование:** стакан, воронка, соль, ватный фильтр, леска.

#### Теория

Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание. Первым этапом при любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. В условиях школьного физического кабинета проще всего выращивать кристаллы алюмокалиевых квасцов. В домашних условиях можно выращивать кристалл медного купороса или обычной поваренной соли.

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

При охлаждении горячего (примерно 40°C) насыщенного раствора до 20°C в нем окажется избыточное количества соли на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики соли. Если предоставить выпавшим кристалликами возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками для выращивания крупных кристаллов.

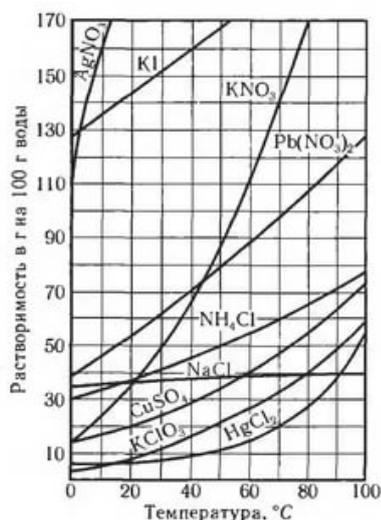
Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной температуре, при температуре на 3-5°C выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл затравка начнет растворяться в нем и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется

рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной. На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

### Ход работы



1. Тщательно вымойте стакан и воронку, подержите их над паром.
2. Налейте 100, г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до 30°C-40°C. Используя кривую растворимости, приведенную на рисунке 1, определите массу соли, необходимую для приготовления насыщенного раствора при 30°C. Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.
3. Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и пропаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл-затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течение нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока выращивания выньте кристалл из раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогайте, иначе он потеряет прозрачность.

### Контрольные вопросы

1. Что может служить центром кристаллизации?
2. Чем объясняется неодинаковая скорость роста различных граней одного и того же кристалла?
3. Каким способом, можно насыщенный раствор сделать пересыщенным без добавления растворенного вещества?
4. Зачем раствор фильтровался?

Удалено: 1

## Практическое занятие № 17-18

### Изучение теплового расширения твердых тел

**Цель работы:** научиться определять коэффициент линейного расширения

**Оборудование:** прибор для определения коэффициента линейного расширения, термометр, линейка, стержень.

#### Теория

С изменением температуры тела его размеры изменяются. Тепловое расширение твёрдых тел, у которых имеется преимущество в одном направлении, характеризуется линейным расширением  $\Delta l$ :

$$\Delta l = \alpha \Delta t$$

, где  $\alpha$  – коэффициент линейного расширения, зависящий от материала и температуры. Однако если рассматривать небольшие интервалы температур, то можно считать коэффициент линейного расширения для данного материала величиной постоянной. Для большинства веществ этот коэффициент мал, его значения составляют  $10^{-5} - 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Особенно мал коэффициент линейного расширения в диапазоне температур от  $-30$  до  $100^\circ\text{C}$  у инвара (сплав железа и никеля). Поэтому инвар применяют для изготовления точных инструментов, используемых для определения размеров тел. Линейные размеры самого инструмента из инвара мало зависят от колебаний температуры.

Коэффициент линейного расширения показывает, на какую долю своей первоначальной длины при  $0^\circ\text{C}$  изменяется длина тела при нагревании на  $1^\circ\text{K}$  или  $1^\circ\text{C}$ :

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_{T_0} \Delta T} \quad \text{или} \quad \alpha = \frac{\Delta l}{l_{t_0} \Delta t}$$

где  $\Delta l$  – приращение длины.

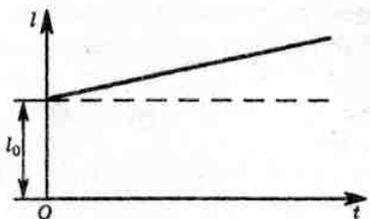
Опыт показывает, что при небольших изменениях температуры изменение линейных размеров твёрдого тела пропорционально изменению температуры (смотрите рис. ).

Так как удлинение при нагревании (или укорочение при охлаждении) зависит от первоначальной длины, удобнее рассматривать не само удлинение тела, а относительное удлинение:

отношение увеличения длины  $\Delta l = l - l_0$

к первоначальной длине  $l_0$ . Относительное удлинение пропорционально изменению

температуры  $\Delta t = t - t_0$ :



прямо

также от

а

$$\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta t$$

Во всех этих формулах обычно начальное значение температуры полагают равным нулю ( $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и соответственно  $l_0$  считают длиной тела при его температуре. На практике же начальная температура тела далеко не всегда бывает равна  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . Тогда расчёт длины тела при любой температуре можно выполнить так. Пусть при температуре  $t_1$  длина тела равна  $l_1$ , а при температуре  $t_2$  она равна  $l_2$ . Тогда считая начальную температуру  $t_0 = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ , имеем:

$$l_1 = l_0(1 + \alpha t_1)$$

$$l_2 = l_0(1 + \alpha t_2)$$

Отсюда 
$$\frac{l_2}{l_1} = \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1} \text{ и } l_2 = l_1 \frac{1 + \alpha t_2}{1 + \alpha t_1}$$

Однако, учитывая, что значение  $\alpha$  очень мало, формулу можно упростить. Умножив числитель и знаменатель на  $1 - \alpha t_1$ , получим:

$$l_2 =$$

Ввиду малости коэффициента  $\alpha$  члены содержащие  $\alpha_2$  малы по сравнению с членом, в который входит  $\alpha$  в первой степени (точнее,  $\alpha_1 \gg \alpha_2$ )

Поэтому их можно отбросить. В

результате формула для вычисления длины  $l_2$  оказывается более простой и достаточно точной для инженерной практики:

$$l_2 = l_1(1 + \alpha \Delta t)$$

Решая задачи с учётом теплового линейного расширения тел, необходимо иметь в виду, что при изменении температуры меняется не только длина, но и все другие линейные размеры тела. Так, у круглого стержня при нагревании увеличивается диаметр, и притом во столько раз, во сколько увеличивается длина стержня. У пластинки в одно и то же число

раз увеличиваются длина, ширина и толщина. Если начертить на пластинке какую-нибудь линию, то длина этой линии при нагревании увеличится в такое же число раз. У окружности увеличатся ее длина и диаметр.

При нагревании пластинки, имеющей круглое отверстие, диаметр отверстия тоже увеличится. Дело в том, что при равномерном нагревании в теле не возникают силы упругости. Поэтому расширение происходит так, как если бы пластинка была сплошной. Точно так же увеличивается при нагревании диаметр гайки, размеры раковины в толще металлической отливки и т.д.

В справедливости сказанного можно убедиться на опыте с металлическим шаром. Шар застревает в кольце, если его нагреть, и проходит с большим зазором, если нагреть кольцо. Наоборот, при охлаждении кольца шар застревает, а охлаждение шара увеличивает зазор между ним и кольцом.

### **Ход работы**

1. Измерить длину стержня  $l_1$  при комнатной температуре
2. Вставить стержень в пробирку с водой при комнатной температуре
3. Привести прибор в рабочее состояние
4. Нагреть стержень до  $100^{\circ}\text{C}$  и записать показания индикатора  $\Delta l$ .
5. По формуле:

$$\alpha = \frac{l_2 - l_1}{l_1 \Delta t}$$

вычислить коэффициент линейного расширения, при вычислении выделить множитель  $10^{-6}$

6. Сравнить полученный результат с табличным значением и вычислить относительную погрешность по формуле:

$$\varepsilon = \frac{|\alpha_{\text{т}} - \alpha|}{\alpha_{\text{т}}} \cdot 100\%$$

Отформатировано:  
русский (Россия)

7. Результат записать в таблицу № 1

Таблица №1

| № опыта | Материал стержня | Начальная длина стержня $l_1$ , мм | Температура стержня        |                            | Разность температур             | Удлинение стержня | Коэффициент линейного расширения                    | Табличное значение коэффициента                                | Относительная погрешность |
|---------|------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------|---|--|---------------------------|
|         |                  |                                    | начальная                  | конечная                   |                                 |                   |   |  |                           |
|         |                  | $l_1$ , м                          | $t_1$ , $^{\circ}\text{C}$ | $t_2$ , $^{\circ}\text{C}$ | $\Delta t$ , $^{\circ}\text{C}$ | $\Delta l$ , мм   | $\alpha$ , $10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ | $\alpha_{\text{м}}$ , $10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ | $\varepsilon$ , %         |
|         |                  |                                    |                            |                            |                                 |                   |   |  |                           |

8. По проделанной работе сформулировать вывод.

Контрольные вопросы:

- 1) Каков физический смысл коэффициента линейного расширения?
- 2) Приведите 3 – 4 примера учёта теплового расширения тел в технике.
- 3) Почему рулетки изготавливают из особого сплава «инвар»?
- 4) Как будет изменяться площадь круглого отверстия в листе железа при нагревании?
- 5) При  $0^{\circ}\text{C}$  стеклянная трубка имеет длину 2000 мм. Найти её длину при  $100^{\circ}\text{C}$ .

## Практическое занятие № 19-20

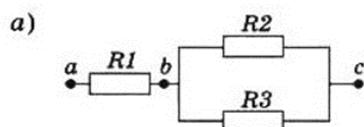
### Изучение закона Ома для участка цепи, последовательного и параллельного соединения проводников

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

■ **Оборудование, средства измерения:** 1) источник питания, 2) ключ, 3) реостат, 4) амперметр, 5) вольтметр, 6) соединительные провода, 7) три проволочных резистора сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом и 4 Ом.

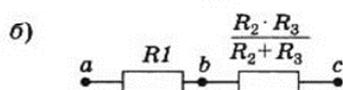
#### ■ Теоретическое обоснование

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



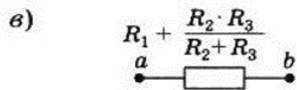
Резисторы  $R_2$  и  $R_3$  соединены между собой параллельно, поэтому сопротивление между точками 2 и 3

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}. \quad (1)$$



Кроме того, при параллельном соединении суммарная сила тока  $I_1$ , втекающего в узел 2, равна сумме сил токов, вытекающих из него.

$$I_1 = I_2 + I_3. \quad (2)$$



Учитывая, что сопротивления  $R_1$  и эквивалентное сопротивление  $R_{23}$  соединены последовательно (рис. 1, б),

$$U_{13} = U_{12} + U_{23}, \quad (3)$$

а общее сопротивление цепи между точками 1 и 3 (рис. 1, в)

$$R_{13} = R_1 + R_{23} = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}. \quad (4)$$

Электрическая цепь для изучения характеристик смешанного соединения проводников состоит из источника питания 1 (рис. 2), к которому через ключ 2 подключены реостат 3, амперметр 4 и смешанное соединение трёх проволочных резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Вольтметром 5 измеряют напряжение между различными парами точек цепи. Схема электрической цепи приведена на рисунке 3. По-

Рис. 1

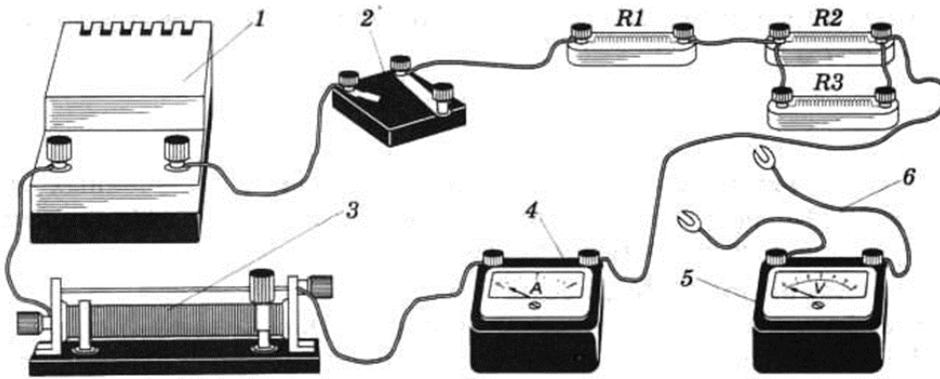


Рис. 2

следующие измерения силы тока и напряжения в электрической цепи позволят проверить соотношения (1)–(4).

Измерение силы тока  $I$ , протекающего через резистор  $R1$ , и разности потенциалов на нём  $U_{12}$  позволяет определить сопротивление  $R_1$  и сравнить его с заданным значением.

$$R_1 = \frac{U_{12}}{I_1}. \quad (5)$$

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

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

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

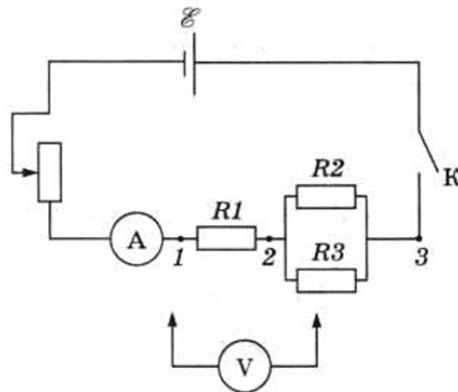


Рис. 3

Это измерение позволит также оценить сопротивление  $R_{13}$  (между точками 1 и 3).

$$R_{13} = \frac{U_{13}}{I_1}. \quad (7)$$

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

■ **Порядок выполнения работы**

1. Соберите электрическую цепь (см. рис. 3).
2. При помощи реостата установите в цепи определённую силу тока  $I_1$ , измеряемую амперметром.

$$I_1 =$$

3. Запишите класс точности амперметра  $k_A$ , указанный на шкале прибора, и предел измерения силы тока  $I_{\max}$ .

$$k_A = \quad ; I_{\max} =$$

4. Найдите абсолютную погрешность измерения силы тока  $\Delta I$ .

$$\Delta I = I_{\max} \cdot \frac{k_A}{100} =$$

5. Запишите результат измерения силы тока  $I_1$ .

$$I_1 \pm \Delta I =$$

6. Подключите вольтметр к точкам 1 и 2 (см. рис. 3) и измерьте напряжение  $U_{12}$  между этими точками.

$$U_{12} =$$

7. Запишите класс точности вольтметра  $k_V$ , указанный на шкале прибора, и предел измерения напряжения  $U_{\max}$ .

$$k_V = \quad ; U_{\max} =$$

8. Найдите абсолютную погрешность измерения напряжения  $\Delta U$ .

$$\Delta U = U_{\max} \cdot \frac{k_V}{100} =$$

9. Запишите результат измерения напряжения  $U_{12}$ .

$$U_{12} \pm \Delta U =$$

10. Рассчитайте сопротивление  $R_1$ .

$$R_1 = \frac{U_{12}}{I_1} =$$

11. Найдите абсолютную погрешность измерения сопротивления  $\Delta R_1$ .

$$\Delta R_1 = R_1 \cdot \frac{\Delta R_1}{R_1} = R_1 \left( \frac{\Delta U}{U_{12}} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) =$$

12. Запишите результат измерения сопротивления  $R_1$  и сравните его с сопротивлением резистора  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ .

$$R_1 \pm \Delta R_1 =$$

13. Подключите вольтметр к точкам 2 и 3 и измерьте напряжение  $U_{23}$  между этими точками.

$$U_{23} =$$

14. Запишите результат измерения напряжения  $U_{23}$ .

$$U_{23} \pm \Delta U =$$

15. Рассчитайте сопротивление  $R_{23}$ .

$$R_{23} = \frac{U_{23}}{I_1} =$$

16. Найдите абсолютную погрешность измерения сопротивления  $\Delta R_{23}$ .

$$\Delta R_{23} = R_{23} \cdot \frac{\Delta R_{23}}{R_{23}} = R_{23} \left( \frac{\Delta U}{U_{23}} + \frac{\Delta I_1}{I_1} \right) =$$

17. Запишите результат измерения сопротивления  $R_{23}$  и сравните его с сопротивлением  $R_{23}$  (формула 1).

$$R_{23} \pm \Delta R_{23} = \quad ; R_{23} = \frac{4 \cdot 2}{4 + 2} = \frac{4}{3} \text{ Ом.}$$

18. Подключите вольтметр к точкам 1 и 3 и измерьте напряжение  $U_{13}$  между этими точками.

$$U_{13} =$$

19. Запишите результат измерения напряжения  $U_{13}$ .

$$U_{13} \pm \Delta U =$$



20. Рассчитайте сопротивление  $R_{13}$ .

$$R_{13} = \frac{U_{13}}{I_1} =$$

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

$$U_{13} = U_1 + U_{23} =$$

$$R_{13} = R_1 + R_{23} =$$

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

■ **Дополнительное задание.** Убедиться в том, что при параллельном соединении проводников справедливо равенство:

$$I_1 = I_2 + I_3.$$

1. Подключите амперметр последовательно с резистором  $R_2$  и измерьте силу тока  $I_2$ , протекающего через резистор  $R_2$ .

$$I_2 =$$

2. Рассчитайте сопротивление резистора  $R_2$  и сравните его с заданным значением.

$$R_2 = \frac{U_{23}}{I_2} =$$

3. Подключите амперметр последовательно к резистору  $R_3$  и измерьте силу тока  $I_3$ , протекающего через резистор  $R_3$ .

$$I_3 =$$

4. Рассчитайте сопротивление резистора  $R_3$  и сравните его с заданным значением.

$$R_3 = \frac{U_{23}}{I_3} =$$

5. Проверьте справедливость равенства:

$$I_1 = I_2 + I_3 =$$

**Вывод:**

---

---

---

---

---

---

---

Контрольные вопросы

1. Может ли сопротивление участка двух параллельно соединенных проводников быть (меньше) любого из них? Объясните ответ.
2. Укажите какие законы используются для вывода формул сопротивления параллельного и последовательного соединения проводников?

## Практическое занятие № 21-22

### Изучение закона Ома для полной цепи

■ **Цель работы:** измерить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

■ **Оборудование, средства измерения:** 1) источник питания, 2) проволочный резистор сопротивлением 2 Ом, 3) амперметр, 4) ключ, 5) вольтметр, 6) соединительные провода.

#### ■ Теоретическое обоснование

Экспериментальная установка изображена на рисунке 1. К источнику тока  $I$  подключается резистор  $R$ , амперметр  $3$  и ключ  $4$ . ЭДС источника тока непосредственно измеряется вольтметром  $5$ .

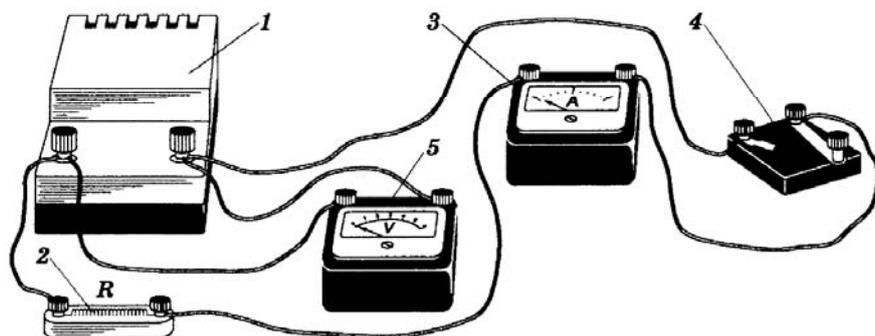


Рис. 1

Электрическая схема данной цепи приведена на рисунке 2.

Согласно закону Ома сила тока  $I$  в замкнутой цепи с одним источником определяется выражением

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}. \quad (1)$$

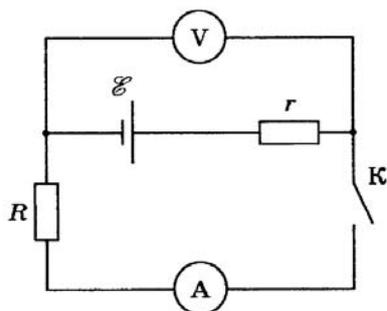


Рис. 2

Отсюда

$$Ir + IR = \mathcal{E}. \quad (2)$$

Из формулы (2) можно найти внутреннее сопротивление  $r$  источника тока, ЭДС которого предварительно измеряют вольтметром:

$$r = \frac{\mathcal{E} - IR}{I} = \frac{\mathcal{E}}{I} - R. \quad (3)$$

Сила тока  $I$  в цепи измеряется амперметром.

■ **Порядок выполнения работы**

1. Соберите электрическую цепь (см. рис. 2).

2. Измерьте вольтметром ЭДС источника тока при разомкнутом ключе К.

$$\mathcal{E} = U =$$

3. Запишите класс точности вольтметра  $k_V$  и предел измерения  $U_{\max}$  его шкалы.

$$k_V = \quad ; U_{\max} =$$

4. Найдите абсолютную погрешность измерения ЭДС источника тока.

$$\Delta \mathcal{E} = U_{\max} \cdot \frac{k_V}{100} =$$

5. Запишите окончательный результат измерения ЭДС источника тока.

$$\mathcal{E} \pm \Delta \mathcal{E} =$$

6. Отключите вольтметр. Замкните ключ К. Измерьте амперметром силу тока  $I$  в цепи.

$$I =$$

7. Запишите класс точности амперметра  $k_A$  и предел измерения  $I_{\max}$  его шкалы.

$$k_A = \quad ; I_{\max} =$$

8. Рассчитайте внутреннее сопротивление  $r$  источника тока по формуле (3).

$$r = \frac{\mathcal{E}}{I} - R =$$

9. Учитывая, что сопротивление  $R$  резистора известно с относительной погрешностью 3%, т. е.  $\varepsilon = \frac{\Delta R}{R} = 0,03$ , оцените абсолютную погрешность  $\Delta R$  его измерения.

$$\Delta R = R \cdot \varepsilon =$$

10. Найдите абсолютную погрешность  $\Delta r$  измерения внутреннего сопротивления источника тока.

$$\Delta r = \frac{\mathcal{E}}{I} \left( \frac{\Delta \mathcal{E}}{\mathcal{E}} + \frac{\Delta I}{I} \right) + \Delta R =$$

11. Запишите окончательный результат измерения внутреннего сопротивления источника тока.

$$r \pm \Delta r =$$

12. Сделать вывод из работы.

Контрольные вопросы.

1. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенном к источнику тока с ЭДС 1,1В, сила тока равна 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании источника тока?
2. Почему значение напряжения в цепи отличается от ЭДС?

## Практическое занятие № 23-24

### Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

**Цель работы:** изучить метод измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока с помощью амперметра и вольтметра.

**Оборудование:** металлический планшет, источник тока, амперметр, вольтметр, резистор, ключ, зажимы, соединительные провода.

#### теория

Для измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока собирают электрическую цепь, схема которой показана на рисунке 1.

К источнику тока подключают амперметр, сопротивление и ключ, соединенные последовательно. Кроме того, непосредственно к выходным гнездам источника подключают еще и вольтметр.

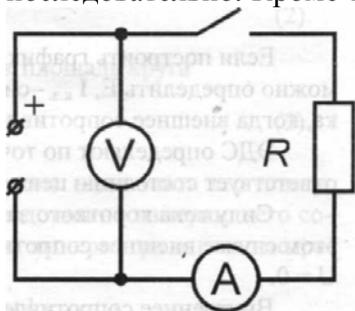


Рис 1

ЭДС измеряют по показанию вольтметра при разомкнутом ключе. Этот прием определения ЭДС основан на следствии из закона Ома для полной цепи, согласно которому при бесконечно большом сопротивлении внешней цепи напряжение на зажимах источника равно его ЭДС.

Для определения внутреннего сопротивления источника замыкают ключ К. При этом в цепи можно условно выделить два участка: внешний (тот, который подключен к источнику) и внутренний (тот,

который находится внутри источника тока). Поскольку ЭДС источника равна сумме падения напряжений на внутреннем и внешнем участках цепи:

$$\varepsilon = U_r + U_R, \text{ то } U_r = \varepsilon - U_R \quad (1)$$

По закону Ома для участка цепи  $U_r = I \cdot r$  (2). Подставив равенство (2) в (1) получают:

$$I \cdot r = \varepsilon - U_r, \text{ откуда } r = (\varepsilon - U_R) / I$$

Следовательно, чтобы узнать внутреннее сопротивление источника тока, необходимо предварительно определить его ЭДС, затем замкнуть ключ и измерить падение напряжения на внешнем сопротивлении, а также силу тока в нем.

#### Ход работы

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

| $\varepsilon, \text{В}$ | $U_r, \text{В}$ | $i, \text{А}$ | $r, \text{Ом}$ |
|-------------------------|-----------------|---------------|----------------|
|                         |                 |               |                |

2. Начертите в тетради схему для измерения ЭДС и внутреннего сопротивления источника.

2. После проверки схемы соберите электрическую цепь. Ключ разомкните.
3. Измерьте величину ЭДС источника.
4. Замкните ключ и определите показания амперметра и вольтметра.
5. Вычислите внутреннее сопротивление источника.

#### Дополнительное задание

Определение эдс и внутреннего сопротивления источника тока графическим методом

**Цель работы:** изучить измерения ЭДС, внутреннего сопротивления и тока короткого замыкания источника тока, основанный на анализе графика зависимости напряжения на выходе источника от силы тока в цепи.

**Оборудование:** гальванический элемент, амперметр, вольтметр, резистор  $R$ , переменный резистор, ключ, зажимы, металлический планшет, соединительные провода.

Из закона Ома для полной цепи следует, что напряжение на выходе источника тока зависит прямо пропорционально от силы тока в цепи:

так как

$$I = E / (R + r), \text{ то } IR + Ir = E, \text{ но } IR = U,$$

$$\text{откуда } U + Ir = E \text{ или } U = E - Ir \text{ (1).}$$

Если построить график зависимости  $U$  от  $I$ , то по его точкам пересечения с осями координат можно определить  $E$ ,  $I_{к.з.}$  - силу тока короткого замыкания (ток, который потечет в цепи источника, когда внешнее сопротивление  $R$  станет равным нулю).

ЭДС определяют по точке пересечения графика с осью напряжений. Эта точка графика соответствует состоянию цепи, при котором ток в ней отсутствует и, следовательно,  $U = E$ .

Силу тока короткого замыкания определяют по точке пересечения графика с осью токов. В этом случае внешнее сопротивление  $R = 0$  и, следовательно, напряжение на выходе источника  $U = 0$ .

Внутреннее сопротивление источника находят по тангенсу угла наклона графика относительно оси токов. (Сравните формулу (1) с математической функцией вида  $y = a(x) + b$  и вспомните смысл коэффициента при  $x$ ).

#### Ход работы

1. Исходя из перечня оборудования, рекомендованного для выполнения работы, составьте схему установки для исследования зависимости напряжения на выходе источника тока от силы тока в цепи.
2. Для записи результатов измерений подготовьте таблицу:

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| U, (В) |  |  |  |  |  |
| I, (А) |  |  |  |  |  |

3. После проверки схемы преподавателем соберите электрическую цепь. Ползунок переменного резистора установите в положение, при котором сопротивление цепи, подключенной к источнику тока, будет максимальным.
4. Определите значение силы тока в цепи и напряжение на зажимах источника при максимальной величине сопротивления переменного резистора. Данные измерений занесите в таблицу.
5. Повторите несколько раз измерения силы тока и напряжения, уменьшая всякий раз величину переменного сопротивления так, чтобы напряжение на зажимах источника уменьшалось на 0,1В. Измерения прекратите, когда сила тока в цепи достигнет значения в 1А.
6. Нанесите полученные в эксперименте точки на график. Напряжение откладывайте по вертикальной оси, а силу тока - по горизонтальной. Проведите по точкам прямую линию.
7. Продолжите график до пересечения с осями координат и определите величины  $E$  и  $I_{кз}$ .
8. Измерьте ЭДС источника, подключив вольтметр к его выводам при разомкнутой внешней цепи. Сопоставьте значения ЭДС, полученные двумя способами, и укажите причину возможного расхождения результатов.
9. Определите внутреннее сопротивление источника тока. Для этого вычислите тангенс угла наклона построенного графика к оси токов. Так как тангенс угла в прямоугольном треугольнике равен отношению противолежащего катета к прилежащему, то практически это можно сделать, найдя отношение  $E / I_{кз}$
10. Сделать вывод из работы.

## Практическое занятие № 25-26

### Определение коэффициента полезного действия электрического чайника.

**Цель:** целенаправленное обучение поисковой деятельности, актуализация личностного смысла обучающихся к изучению темы, создание условий для развития навыков общения и совместной деятельности.

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

Задачи:

- Вычислить совершённую электрическим током работу
- Вычислить количество теплоты, полученное водой и равное полезной работе,
- определить на опыте КПД электроприбора на примере электрочайника.

#### ход работы

1. Рассмотрите электрочайник. По паспортным данным определите электрическую мощность электроприбора  $P$ .
2. Налейте в чайник воду объёмом  $V$ , равным 1 л (1 кг)
3. Измерьте с помощью термометра начальную температуру воды  $t_1$ .
4. Включите чайник в электрическую сеть и нагревайте воду до кипения.
5. Определите температуру кипения воды с учетом атмосферного давления  $t_2$ .
6. Заметьте по часам промежутки времени, в течение которого нагревалась вода  $\Delta t$

#### Все измерения выполняйте в СИ.

7. Используя данные измерений, вычислите:

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

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

$$Q_{\text{нагр.}} = cm(T_2 - T_1)$$

8. Рассчитайте коэффициент полезного действия электрочайника по формуле

$$\eta =$$

9. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу

$P, \text{ Вт} \dots V, \text{ м}^3 \dots T_1, \text{ }^\circ\text{К} \dots \Delta T, \text{ }^\circ\text{К} \dots T_2, \text{ }^\circ\text{К} \dots A_{\text{эл.тока}}, \text{ Дж} \dots Q_{\text{нагр.}}, \text{ Дж} \dots \eta, \%$

Результаты измерений:

| Удельная теплоемкость воды $c$ , Дж/кг К | Мощность чайника $P$ , Вт | Масса воды $m$ , кг | Начальная температура воды $T_1$ , °К | Конечная температура воды $T_2$ , °К | Время Нагрева воды $\Delta t$ , с | Работа электрического тока $A$ , Дж | Количество теплоты $Q$ , Дж | КПД чайника $\eta$ , % |
|--|---------------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|  |                           |                     |                                       |                                      |                                   |                                     |                             |                        |

**Расчеты:**

1)  $A = P t$  2)  $A =$  3)  $Q = c m (T_2 - T_1)$  4)  $Q =$  5)  $\eta = Q/A$ ..6)  $\eta =$

Вывод из работы:

Дополнительные задания

1. В паспорте электрического утюга написано: «220 В; 600 Вт». Какое количество теплоты выделится в утюге за 2 часа работы при напряжении 220 В?

2. Определить сопротивление электропаяльника мощностью 300 Вт, включенного в сеть напряжением 220 В.

Контрольные вопросы:

1. Как рассчитать количество теплоты, выделяющегося в проводнике при протекании по нему тока, зная сопротивление этого проводника?
2. Почему спираль электрочайника изготавливают из проводника большой площади сечения? Дайте развернутый ответ.
3. Приведите примеры других электроприборов, в которых нагревательным элементом является спираль. Чем эти приборы отличаются друг от друга? Дайте развернутый ответ.

## Практическое занятие № 27-28

### Определение температуры нити лампы накаливания

**Цель работы:** определить температуру нити лампы накаливания.

**Оборудование:** источник питания 4В; ключ; лампа накаливания 6,3 В; резистор 51 Ом; реостат 10 Ом; мультиметр; провода соединительные

#### Теория

Сопротивление нити накала лампы  $R_{л}$ , вычисляется на основе закона Ома ( $R_{л}=U_{л}/I$ ) с использованием измеренного напряжения на лампе  $U_{л}$ , и силы тока в цепи  $I$ , которая, в свою очередь определяется по падению напряжения  $U_1$ , на резисторе  $R_1$  ( $I=U_1/R_1$ ). Электрическая мощность, выделявшаяся в лампе, вычисляется по формуле  $P = I_2 \cdot R_{л}$ . Сопротивление металлических проводников изменяется с температурой следующим образом;

$$R=R_0 \cdot (1+\alpha \cdot t), \quad (1)$$

где  $R_0$  - сопротивление при  $0^{\circ}\text{C}$ ,

$\alpha$  — температурный коэффициент сопротивления, для вольфрама ( $\alpha =0,0045 \text{ град}^{-1}$ ),

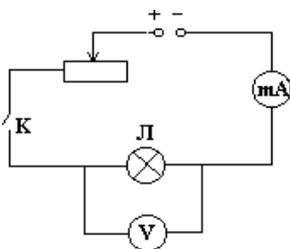
$R$  — сопротивление проводника при температуре  $t$ .

Когда ток в цепи минимален, а свечение полностью отсутствует, температуру нити накала можно считать комнатной. Поскольку при свечении лампы в полный накал температура нити очень высока ( $\sim 2000^{\circ}\text{C}$ ), то для приблизительного подсчета температуры можно принять, что величина  $R_0$  и есть значение сопротивления нити накала. На основе этого температура рассчитывается по формуле:

$$t = \frac{R - R_0}{\alpha R_0} \quad (2)$$

#### Ход работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме:



2. Установить максимальную величину сопротивления переменного резистора и замкнуть ключ.

3. Перевести мультиметр в режим измерения постоянного напряжения (диапазон "20В") и измерить с его помощью падение напряжения на лампе  $U_{л}$ .

4. Отсоединить мультиметр от лампы и переключить его в диапазон "200 мВ". Измерить величину напряжения  $U_1$ , на резисторе  $R_1$ .

5. Вычислить силу тока  $I$  в лампе:  $I=U_1/R_1$ .

6. Вычислить сопротивление лампы  $R_{л}=U_{л}/I$ .

При обработке результатов следующих опытов эта величина будет приниматься за сопротивление нити лампы при нулевой температуре  $R_0$ .

7. Вычислить мощность  $P$ , потребляемую лампой в этом режиме:  $P = I_2 \cdot R_{л}$ .

8. Вращением ручки переменного резистора установить такую величину его сопротивления, при которой ток в цепи вызовет едва заметное свечение нити лампы красным цветом.

9. Повторить измерения в этом режиме работы лампы. По данным измерений вычислить силу тока в цепи и сопротивление нити накала. По формуле (2) определить температуру нити лампы.

10. Перевести ручку переменного резистора в положение, при котором его сопротивление, включенное в схему, станет равным нулю. Повторить измерения и вычисления.

11. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

| $U_{л}, В$ | $U_1, В$ | $I, А$ | $R_{л}, Ом$ | $P, Вт$ | $t, ^\circ C$ |
|------------|----------|--------|-------------|---------|---------------|
|            |          |        |             |         |               |
|            |          |        |             |         |               |

12. Сделать вывод. \_\_\_\_\_

Контрольные вопросы:

1. Как связана яркость свечения нити лампы с температурой нити накала?
2. Как отражается рост температуры нити накала лампы на ее сопротивление и на выделяемую в ней мощность?
3. Почему электрическое сопротивление металлов зависит от температуры?

## Практическое занятие № 29-30

### Изучение явления электромагнитной индукции

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

**Оборудование:** 1. магнит, 2. катушка моток, 3. миллиамперметр.

### Теория

Согласно закону электромагнитной индукции (или закону Фарадея—Максвелла), ЭДС электромагнитной индукции  $\mathcal{E}_i$  в замкнутом контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока  $\Phi$  через поверхность, ограниченную этим контуром.

$$\mathcal{E}_i = -\Phi'. \quad (1)$$

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

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

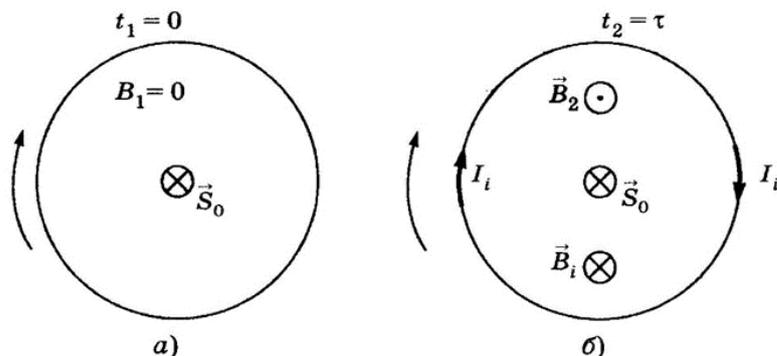


Рис. 1

За направление обхода контура выберем направление по часовой стрелке. По правилу буравчика вектор площади контура  $\vec{S}_0$  будет направлен от нас перпендикулярно площади контура.

Магнитный поток  $\Phi_1$ , пронизывающий контур в начальном положении витка, равен нулю ( $B_1 = 0$ ):

$$\Phi_1 = 0.$$

Магнитный поток в конечном положении витка

$$\Phi_2 = B_2 \cdot S_0 \cos 180^\circ = -B_2 S_0.$$

Изменение магнитного потока в единицу времени

$$\Phi' = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\tau} = -\frac{B_2 S_0}{\tau} < 0.$$

Значит, ЭДС индукции, согласно формуле (1), будет положительной:

$$\mathcal{E}_i = \frac{B_2 S_0}{\tau} > 0.$$

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

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

Индукционный ток наблюдается и при усилении внешнего магнитного поля в плоскости витка без его перемещения. Например, при вдвигании полосового магнита в виток возрастает внешнее магнитное поле  $\vec{B}$  и магнитный поток, его пронизывающий (рис. 2, а).

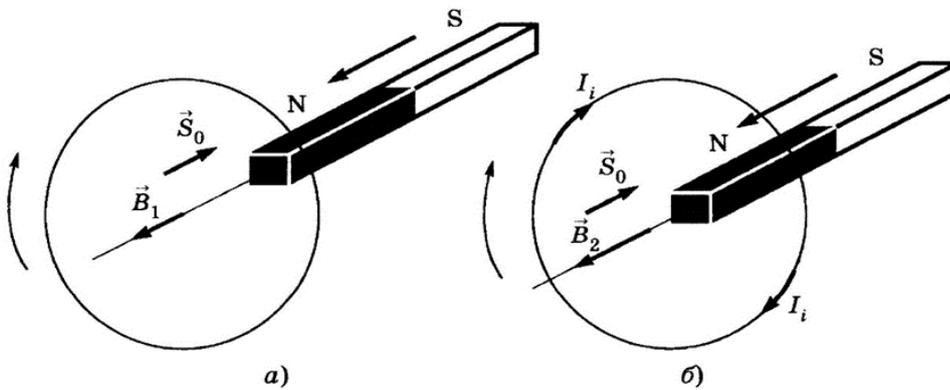


Рис. 2

Это приведёт к возникновению индукционного тока  $I_i$  такого направления, что  $\vec{B}_i \downarrow \uparrow \vec{B}$  (рис. 2, б).

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 3. Дугообразный магнит 1 вдвигают северным полюсом в катушку-моток 2, присоединённую к миллиамперметру 3. Направление и величину индукционного тока в катушке определяют по знаку и величине отклонения стрелки миллиамперметра.

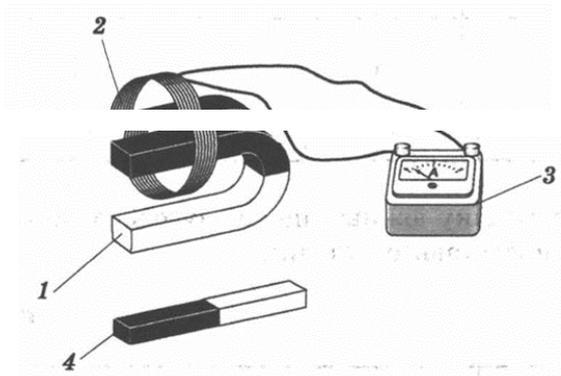


Рис. 3

Результаты данного эксперимента фиксируют в таблице 1 в соответствии с рисунком 2. Здесь  $I_A$  — показания миллиамперметра, которые считаются положительными при отклонении стрелки вправо.

Т а б л и ц а 1

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

### Ход работы

1. Катушку-моток 2 (см. рис. 3) подключите к зажимам миллиамперметра.

2. Северный полюс дугообразного магнита внесите в катушку вдоль её оси. В последующих опытах полюса магнита перемещайте с одной и той же стороны катушки, положение которой не изменяется.

Проверьте соответствие результатов опыта с таблицей 1.

3. Удалите из катушки северный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 2.

**Таблица 2**

| Направление<br>обхода контура | $\vec{S}_0$ | $\vec{B}_1$ | $\vec{B}_2$<br>( $B_2$ $B_1$ ) | $\Phi_1$ | $\Phi_2$ | $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ | $\mathcal{E}_i$<br>(знак) | $I_i$<br>(напр.) | $I_A$ |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|------------------|-------|
|                               |             |             |                                |          |          |                                |                           |                  |       |

4. Внесите в катушку южный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 3.

**Таблица 3**

| Направление<br>обхода контура | $\vec{S}_0$ | $\vec{B}_1$ | $\vec{B}_2$<br>( $B_2$ $B_1$ ) | $\Phi_1$ | $\Phi_2$ | $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ | $\mathcal{E}_i$<br>(знак) | $I_i$<br>(напр.) | $I_A$ |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|------------------|-------|
|                               |             |             |                                |          |          |                                |                           |                  |       |

5. Удалите из катушки южный полюс дугообразного магнита. Результаты опыта представьте в таблице 4.

**Таблица 4**

| Направление<br>обхода контура | $\vec{S}_0$ | $\vec{B}_1$ | $\vec{B}_2$<br>( $B_2$ $B_1$ ) | $\Phi_1$ | $\Phi_2$ | $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$ | $\mathcal{E}_i$<br>(знак) | $I_i$<br>(напр.) | $I_A$ |
|-------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|----------|----------|--------------------------------|---------------------------|------------------|-------|
|                               |             |             |                                |          |          |                                |                           |                  |       |

Вывод \_\_\_\_\_

Контрольные вопросы:

1. Где применяется закон электромагнитной индукции? Примеры.
2. Что позволяет определить правило буравчика?
3. Где применяется правило Ленца? В чем его суть?

## Практическое занятие № 31-32

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

**Оборудование:** штатив с перекладиной 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.

### Теория

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 [1Гц].

Тело, подвешенное на невесомой нерастяжимой нити называют **математическим маятником**.



Период колебаний математического маятника определяется

формулой:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  (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 обратнопропорционален корню квадратному из ускорения свободного

падения  $T \sim \frac{1}{\sqrt{g}}$ .

В работе мы исследуем колебания математического маятника. Из

формулы  $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  следует, 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.

#### **Ход работы.**

1. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений:

| $l, м$  | № опыта | N | t, с | $t_{ср}, с$ | T, с | $\nu, Гц$ |
|---------|---------|---|------|-------------|------|-----------|
| $l_1 =$ | 1       |   |      |             |      |           |
|         | 2       |   |      |             |      |           |
|         | 3       |   |      |             |      |           |
|         | 4       |   |      |             |      |           |
| $l_2 =$ | 1       |   |      |             |      |           |

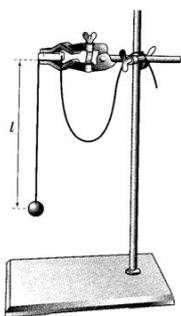
|  |   |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|--|
|  | 2 |  |  |  |  |  |
|  | 3 |  |  |  |  |  |
|  | 4 |  |  |  |  |  |

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  $t_{cp1}=(t_1+t_2+t_3+t_4)/4$



5. Повторите измерение 3-4 раза и определите среднее время  $t_{cp1}=(t_1+t_2+t_3+t_4)/4$

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

$$T_1 = \frac{t_{cp1}}{N}$$

см по формуле

7. Увеличьте длину подвеса в четыре раза.

8. Повторите серию опытов с маятником новой длины

$$T_2 = \frac{t_{cp2}}{N}$$

и вычислите его период колебаний по формуле

9. Вычислите частоты колебаний для обоих маятников по формулам  $\nu_1 = \frac{N}{t_{cp1}}$  и  $\nu_2 = \frac{N}{t_{cp2}}$ .

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?

## Практическое занятие № 33-34

### Изучение работы трансформатора

**Цель:** ознакомиться с устройством трансформатора, его назначением и использованием для передачи электрической энергии на расстояние.

**Оборудование:** 1. Трансформаторы на панели. 2. Источник электрической энергии (ЛАТР). 3. Вольтметр переменного тока. 4. Амперметр переменного тока. 5. Ключ. 6. Лампочка в патроне. 7. Соединительные провода.

### Теория

В радиотехнике, электротехнике, электронике используются трансформаторы. Трансформатор состоит из сердечника (магнитопровода) набранного из тонких изолированных друг от друга пластин и двух обмоток катушек с разным числом витков. С небольшим числом витков толстой проволоки  $n_1$  и с большим числом витков  $n_2$  тонкой проволоки. Переменный ток, подаваемый на первичную обмотку, создаёт в сердечнике трансформатора переменный магнитный поток, который наводит в каждом витке вторичной обмотки трансформатора э.д.с. Если цепь вторичной обмотки разомкнута, то в первичной обмотке течёт слабый ток  $I_0$  – ток холостого хода, составляющий не более 5% номинального  $I_n$ . Падение напряжения в первичной обмотке мало ( $\Delta U = I_0 R$ ), так как сопротивление первичной обмотки мало, поэтому  $U_1 \approx E_1$

Напряжение на концах вторичной обмотки  $U_2 \approx E_2$ . Для холостого хода трансформатора имеем:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{n_2}{n_1} = k$$

, где  $k$ - коэффициент трансформации. При  $k < 1$  трансформатор понижает напряжение, при  $k > 1$  повышает напряжение. При замыкании цепи вторичной обмотки переменный ток этой обмотки  $I_2$ , согласно закону Ленца, создаёт в сердечнике магнитный поток противоположного направления по отношению к магнитному потоку первичной обмотки. Магнитный поток в сердечнике ослабевает. Для рабочего хода трансформатора:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

### Ход работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме 1. Показать собранную модель преподавателю.

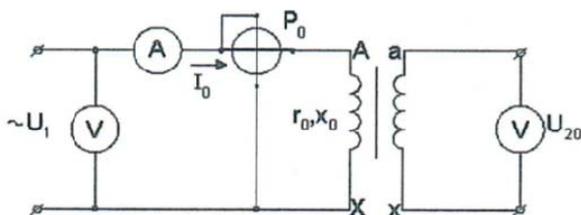


Схема 1

2. Подключить цепь. Снять показания вольтметров.
3. Сделать вывод из полученных данных.
4. Собрать электрическую цепь по схеме 2.

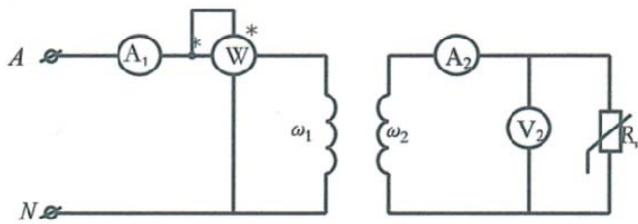


Схема 2

5. Показать собранную схему преподавателю. После проверки замкнуть ключ, пронаблюдать работу электрической цепи.
6. Снять показания приборов и занести их в таблицу.
7. Провести три замера, меняя значение подаваемого напряжения.

| Номер опыта | Сила тока в обмотках         |                              | Напряжение на концах обмоток |                              | Коэффициент трансформации k |
|-------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
|             | Первичной I <sub>1</sub> (A) | Вторичной I <sub>2</sub> (A) | Первичной U <sub>1</sub> (В) | Вторичной U <sub>2</sub> (В) |                             |
| 1           |                              |                              |                              |                              |                             |
| 2           |                              |                              |                              |                              |                             |
| 3           |                              |                              |                              |                              |                             |

8. Определить коэффициент трансформации по формуле:  $k = \frac{U_2}{U_1}$
9. Сделать вывод из проделанных опытов.

Контрольные вопросы.

1. Как устроен трансформатор?
2. Какое явление лежит в основе действия трансформатора?
3. Где применяется трансформатор?

## Практические занятия № 35-36

### Изучение закона преломления

**Цель:** наблюдение преломления стекла на границе раздела сред воздух-стекло, измерение показателя преломления стекла.

**Оборудование:** стеклянная призма (формы трапеции), циркуль, линейка, источник питания, источник света собирающая линза, линейка, карандаш, транспортир.

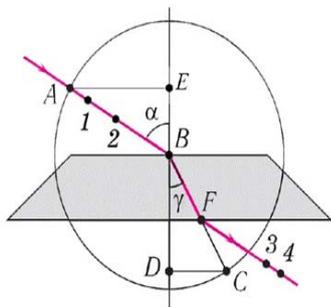
#### Вывод расчетных формул:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$$

где  $n_1$  – показатель преломления воздуха;  $n_2$  – показатель преломления стекла;  $\alpha, \gamma$  – углы падения и преломления соответственно. Считая показатель преломления воздуха равным единице  $n_1 \approx 1$ , получаем

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} \approx n_2$$

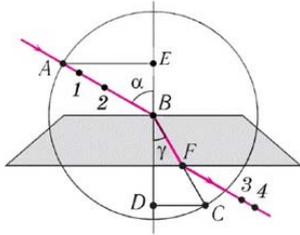
#### Ход работы



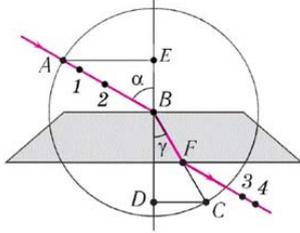
Т.к.  $\sin \alpha = \frac{AE}{AB}$ ,  $\sin \gamma = \frac{BC}{BC}$  и  $AB = BC$ , то абсолютный показатель преломления стекла в данной работе можно вычислить по формуле:

$$n_2 = \frac{AE}{DC}$$

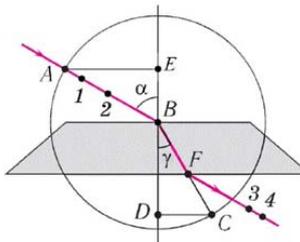
| № опыта      | $AE$ , мм | $DC$ , мм | $n_2$ |
|--------------|-----------|-----------|-------|
| 1            |           |           |       |
| 2            |           |           |       |
| 3            |           |           |       |
| средн. знач. | –         | –         |       |



$$1) n_2 = \frac{AE}{DC} = \frac{\dots MM}{\dots MM} = \dots$$



$$2) n_2 = \frac{AE}{DC} = \frac{\dots MM}{\dots MM} = \dots$$



$$3) n_2 = \frac{AE}{DC} = \frac{\dots MM}{\dots MM} = \dots$$

$$\langle n_2 \rangle = \frac{(n_2)_1 + (n_2)_2 + (n_2)_3}{3} = \dots$$

Вывод: \_\_\_\_\_

Контрольные вопросы:

1. Запишите формулу для вычисления модуля скорости распространения света  $v$  в среде с показателем преломления  $n$ .
2. От чего зависит абсолютный показатель преломления вещества?
3. В чем заключается явление полного отражения света на границе раздела двух сред? Где применяется?

## Практическое занятие № 37-38

### Изучение изображения предметов в тонкой линзе

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

**Оборудование:** собирающая линза, лампа на подставке, экран, источник напряжения, соединительные провода, линейка.

#### теория

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

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

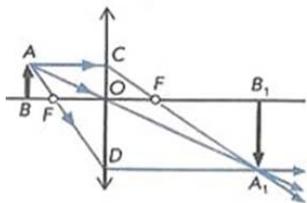


рис 1

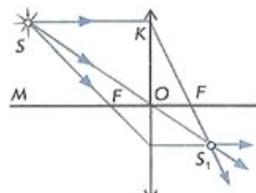
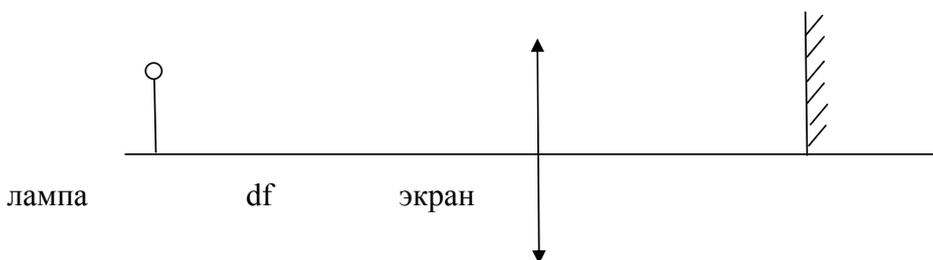


рис 2

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

#### Ход работы



- 1) Поместите линзу между лампой и экраном на линейке.
- 2) Соберите электрическую цепь, подключив лампочку к источнику напряжения.
- 3) Поместите экран на отметку «0» линейки.
- 4) Перемещая линзу, получите на экране чёткое уменьшенное изображение нити накаливания лампы.
- 5) Измерьте расстояния от лампы до линзы  $d$  и от линзы до экрана  $f$ . Результаты занесите в таблицу.
- 6) Повторите опыт с получением чёткого увеличенного изображения. Результаты занесите в таблицу.
- 7) Рассчитайте оптическую силу линзы по формуле:

$D = \frac{1}{F}$  = +Полученное значение округлите до 2-х значащих цифр. Результат занесите в таблицу.

- 8) Рассчитайте фокусное расстояние линзы:  $F =$  . Результат занесите в таблицу:

| Вид изображения | Расстояние от лампы до линзы $d$ , м | Расстояние от линзы до экрана $f$ , м | Оптическая сила линзы $D$ , дптр | Фокусное расстояние линзы $F$ , м |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Уменьшенное     |                                      |                                       |                                  |                                   |
| Увеличенное     |                                      |                                       |                                  |                                   |

- 9) Сравните расстояние от лампы до линзы с двойным фокусным расстоянием.
- 10) Построить полученные изображения.

### Контрольные вопросы

1. Что называют оптическим центром линзы?
2. Что называют главной оптической осью?
3. Что называют главным фокусом линзы?
4. Что называют фокусным расстоянием?

## Практическое занятие № 39-40

### Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель работы:** измерить длину световой волны с помощью дифракционной решетки.

Оборудование: 1) прибор для измерения длины световой волны,  
2) дифракционная решетка.

#### Теория

Дифракционную решётку используют для разложения света в спектр и измерения длины световой волны.

При падении на дифракционную решётку ДР с периодом  $d$  монохроматической плоской волны длиной  $\lambda$  (рис. 1) максимумы интенсивности света во всём пространстве слева от решётки будут наблюдаться под углом  $\alpha_m$  к главной оптической оси при условии

$$d \sin \alpha_m = m\lambda, \text{ где } m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

Если расположить экран Э в фокальной плоскости линзы Л с фокусом  $F$ , можно наблюдать максимумы интенсивности света в точках с координатой

$$x_m = F \cdot \operatorname{tg} \alpha_m. \quad (2)$$

Целое число  $m$  определяет порядок максимума. При  $m = 0$ ,  $\alpha_m = 0$  на оси симметрии решётки возникает центральный максимум для любых длин волн.

Как следует из формулы (1),

$$\sin \alpha_m = \frac{m\lambda}{d}. \quad (3)$$

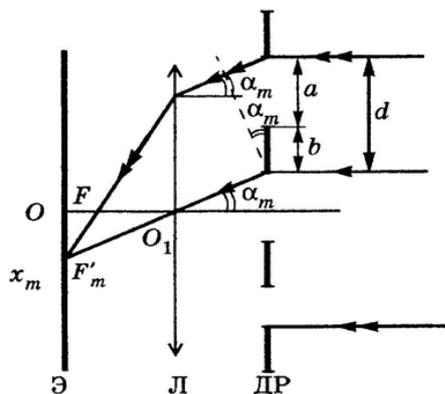


Рис. 1

Чем больше  $m$ , тем больше угол отклонения  $\alpha_m$  при одной и той же длине волн  $\lambda$ . Это означает, согласно формуле (2), что тем больше и  $x_m$ . Чем выше порядок максимума, тем дальше он находится от оси симметрии. Поэтому вдоль оси  $x$ , перпендикулярной прорезам дифракционной решётки, будут наблюдаться максимумы интенсивности различных порядков.

Спектр излучения источника света может содержать излучение различных длин волн (например, фиолетовое с длиной волны  $\lambda_1$  и красное с длиной волны  $\lambda_2 > \lambda_1$ ). Как видно из формулы (3), чем больше  $\lambda$ , тем больше  $\alpha_m$ . Следовательно, для соответствующего порядка  $m$  спектра максимум интенсивности красного света будет находиться дальше от оси симметрии, чем максимум интенсивности фиолетового.

Для фиолетового света  $\lambda = 0,4$  мкм. Следовательно, из формулы (3) при  $d = 10$  мкм

$$\sin \alpha_1 = \frac{1 \cdot 0,4}{10} = 0,04, \text{ а } \alpha_1 = 2,29^\circ.$$

При этом  $\text{tg } \alpha_1 = 0,04003$ , т.е. при таких малых углах  $\sin \alpha_m \approx \text{tg } \alpha_m$ .

Разделив почленно равенства (1) и (2), получаем формулу для определения длины световой волны с помощью дифракционной решётки:

$$\lambda = \frac{x_m d}{m F}. \quad (4)$$

В данной работе наблюдения проводятся непосредственно глазом (рис. 2). При этом наблюдателю кажется, что излучение, попадаю-

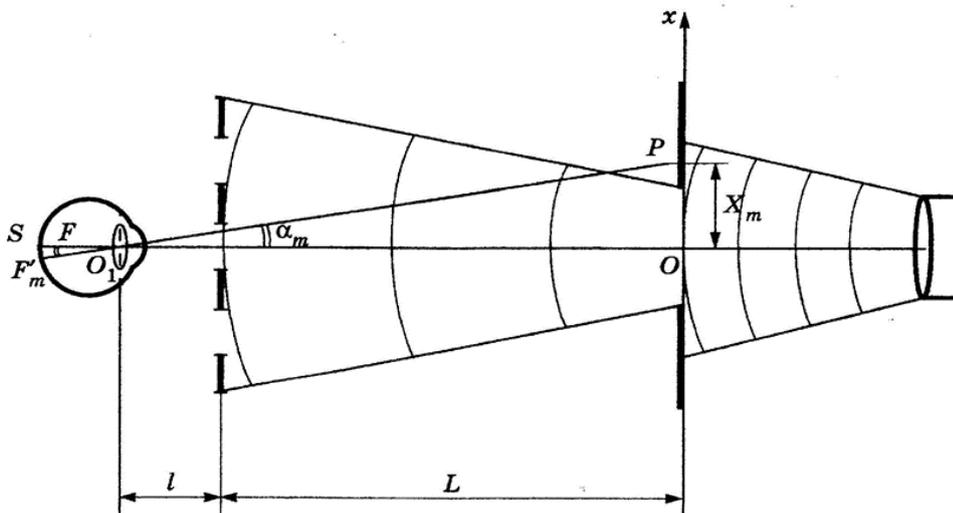


Рис. 2

щее в точку  $F'_m$ , может испускаться в одной из точек отрезка  $OP$ . Наиболее предпочтительной точкой локализации мнимого источника является точка  $P$  (с координатой  $X_m$ ), находящаяся на зачернённой (для большего контраста) поверхности шкалы, так как расстояние от решётки до шкалы  $L$  известно. Из подобия  $\Delta SO_1F'_m$  и  $\Delta OO_1P$  следует, что

$$\frac{x_m}{X_m} = \frac{F}{L+l},$$

где  $l$  — расстояние от глаза до дифракционной решётки. Считая  $l \ll L$ , получаем

$$F = \frac{x_m}{X_m} \cdot L. \quad (5)$$

Подставляя  $F$  в формулу (4), получаем расчётную формулу для вычисления длины волны света с помощью дифракционной решётки:

$$\lambda = \frac{X_m d}{mL}. \quad (6)$$

Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 3. Излучение от источника света  $1$ , проходя через прицельную прорезь  $2$  шкалы  $3$ , попадает на дифракционную решётку  $4$ , установленную в держателе  $5$ , который прикреплен к концу линейки  $6$ . Шкала может перемещаться вдоль линейки, закреплённой в муфте  $7$  штатива  $8$ , позволяющей фиксировать различные расстояния  $L$  от дифракционной решётки до шкалы.

Если смотреть сквозь решётку и прицельную прорезь на источник света, то в верхней части шкалы (на чёрном фоне) можно наблюдать по обе стороны от прорези максимумы интенсивности излучения первого и второго порядков различного цвета (рис. 4). Фиксируют

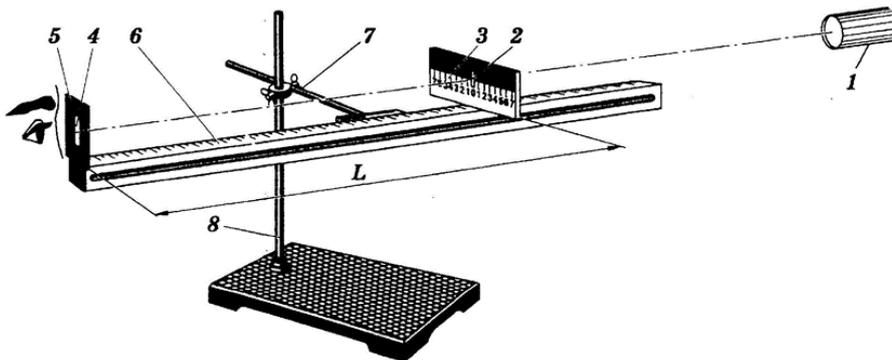


Рис. 3

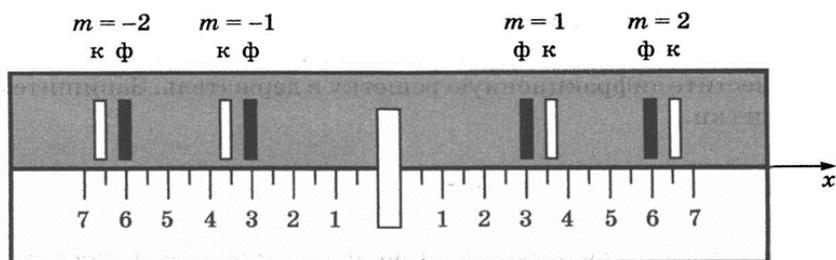


Рис. 4

расстояние  $L$ . Проводят измерения максимумов первого порядка. Измеряют модули отклонения  $X'_{1\phi}$ ,  $X''_{1\phi}$  от центра прорези максимумов первого порядка фиолетового света. Находят среднее арифметическое модуля отклонения

$$X_{1\phi} = \frac{X'_{1\phi} + X''_{1\phi}}{2}$$

и длину волны фиолетового света по формуле (6):

$$\lambda_{\phi} = \frac{X_{1\phi} \cdot d}{L}. \quad (7)$$

Аналогично измеряют длину волны красного (или другого) света:

$$\lambda_{\phi} = \frac{X_{2\phi} \cdot d}{2L}. \quad (9)$$

Аналогично измеряют длину волны красного света:

$$\lambda_{\kappa} = \frac{X_{2\kappa} \cdot d}{2L}. \quad (10)$$

Для уточнения окончательных результатов берут средние арифметические значения длин волн фиолетового света, полученные из формул (7), (9), и красного света — из формул (8) и (10).

$$\lambda_{\kappa} = \frac{X_{1\kappa} \cdot d}{L}. \quad (8)$$

Проводят измерения максимумов интенсивности света второго порядка. Измеряют модули отклонения  $X'_{2\phi}$ ,  $X''_{2\phi}$  от центра прорези максимумов второго порядка фиолетового света.

Находят среднее арифметическое модуля отклонения:

$$X_{2\phi} = \frac{X'_{2\phi} + X''_{2\phi}}{2}$$

и длину волны фиолетового света по формуле (6):

## Ход работы

1. Соберите экспериментальную установку (рис. 3)
2. Поместите дифракционную решётку в держатель. Запишите период решётки.

$$d =$$

3. Направляя прибор на проекционный аппарат и наблюдая его излучение через дифракционную решётку и прорезь шкалы, добейтесь того, чтобы по обе стороны от прорези были видны максимумы интенсивности излучения первого и второго порядка фиолетового и красного света.

Если максимумы второго порядка оказываются вне шкалы, уменьшите расстояние  $L$  от решётки до шкалы. Запишите его значение по шкале линейки  $b$ , когда возникнет требуемая картина.

$$L =$$

4. Измерьте модули отклонения от центра прорези максимумов первого порядка фиолетового света (слева и справа от прорези).

$$X'_{1\phi} =$$

$$X''_{1\phi} =$$

5. Найдите среднее арифметическое модуля отклонения.

$$X_{1\phi} = \frac{X'_{1\phi} + X''_{1\phi}}{2} =$$

6. Вычислите длину волны фиолетового света по формуле (6).

$$\lambda_{1\phi} = \frac{X_{1\phi} \cdot d}{L} =$$

7. Повторите измерения и расчёт модуля отклонения и длины волны красного света.

$$X'_{1к} = \quad ; X''_{1к} = \quad ; X_{1к} = \frac{X'_{1к} + X''_{1к}}{2} = \quad ;$$

$$\lambda_{1к} = \frac{X_{1к} \cdot d}{L} =$$

8. Проведите измерения и рассчитайте модуль отклонения и длину волны фиолетового света для максимумов второго порядка.

$$X'_{2\phi} = \quad ; X''_{2\phi} = \quad ; X_{2\phi} = \frac{X'_{2\phi} + X''_{2\phi}}{2} =$$

9. Найдите длину волны фиолетового света по формуле (9).

$$\lambda_{2\phi} = \frac{X_{2\phi} \cdot d}{2L} =$$

10. Проведите измерения и рассчитайте модуль отклонения и длину волны красного света для максимумов второго порядка.

$$X'_{2к} = \quad ; X''_{2к} = \quad ; X_{2к} = \frac{X'_{2к} + X''_{2к}}{2} = \quad ;$$

$$\lambda_{2к} = \frac{X_{2к} \cdot d}{2L} =$$

11. Получите окончательный результат измерения длины волны фиолетового света как среднее арифметическое значений  $\lambda_{1\phi}$  и  $\lambda_{2\phi}$ .

$$\lambda_{\phi} =$$

12. Получите окончательный результат измерения длины волны красного света как среднее арифметическое значений  $\lambda_{1к}$  и  $\lambda_{2к}$ .

$$\lambda_{к} =$$

■ **Дополнительное задание.** Провести измерения длин волн фиолетового и красного света при меньшем расстоянии  $L_1$  от дифракционной решётки до шкалы.

1. Установите меньшее расстояние  $L_1$  от решётки до шкалы.

$$L_1 =$$

2. Повторите измерения и расчёты, проделанные ранее в п. 4—10.

$$3. X'_{1\phi} = \quad ; X''_{1\phi} = \quad ; X_{1\phi} = \quad ;$$

$$\lambda_{1\phi} = \frac{X_{1\phi} \cdot d}{L_1} =$$

$$4. X'_{1к} = \quad ; X''_{1к} = \quad ; X_{1к} = \quad ;$$

$$\lambda_{1к} = \frac{X_{1к} \cdot d}{L_1} =$$

$$5. X'_{2\Phi} = \quad ; X''_{2\Phi} = \quad ; X_{2\Phi} = \quad ;$$

$$\lambda_{2\Phi} = \frac{X_{2\Phi} \cdot d}{2L_1} =$$

$$6. X'_{2\kappa} = \quad ; X''_{2\kappa} = \quad ; X_{2\kappa} = \quad ;$$

$$\lambda_{2\kappa} = \frac{X_{2\kappa} \cdot d}{2L_1} =$$

$$7. \lambda_{\Phi} = \frac{\lambda_{1\Phi} + \lambda_{2\Phi}}{2} =$$

$$8. \lambda_{\kappa} = \frac{\lambda_{1\kappa} + \lambda_{2\kappa}}{2} =$$

**Вывод:**

---

---

Контрольные вопросы:

1. Условие интерференционного максимума (формула).
2. Условие интерференционного минимума.
3. Условие дифракционного максимума (формула).
4. Условие дифракционного минимума.

## Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

### Основные источники:

Дмитриева В.Ф. Физика М. Издательский центр «Академия», 2017

Дмитриева В.Ф. Задачи по физике М. Издательский центр «Академия», 2017

### Дополнительные источники:

Касьянов В.А. Физика 10 кл.

Учебник для общеобразовательных учебных заведений М. Дрофа. 2017

Касьянов В.А. Физика 11 кл.

Учебник для общеобразовательных учебных заведений М. Дрофа. 2017

Самойленко П.И., Физика М. Издательский центр «Академия», 2017

### Интернет-ресурсы:

1. <http://www.fcior.edu.ru> (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов)
2. <http://www.vooksgid.ru> (Vooks Gid. Электронная библиотека).
3. <http://www.globalteka.ru> (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
4. <http://www.window.edu.ru> (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
5. <http://www.st-books.ru> (Лучшая учебная литература).
6. <http://www.school.edu.ru> (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
7. <http://www.ru/book> (Электронная библиотечная система).
8. <http://www.alleng.ru/edu/phys.htm> (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
9. <http://www.school-collection.edu.ru> (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
10. <http://www.n-t.ru/nl/fz> (Нобелевские лауреаты по физике).
11. <http://www.nuclphys.sinp.msu.ru> (Ядерная физика в Интернете).
12. <http://www.college.ru/fizika> (Подготовка к ЕГЭ).
13. <http://www.kvant.mccme.ru> (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).
14. <http://www.yos.ru/natural-sciences/html> (естественно-научный журнал для молодежи «Путь в науку»)