



Федеральное агентство по рыболовству  
БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ»  
**Калининградский морской рыбопромышленный колледж**

Утверждаю  
Заместитель начальника колледжа  
по учебно-методической работе  
А.И.Колесниченко

**ООД.11 ФИЗИКА**

Методическое пособие для выполнения лабораторных занятий  
по специальности

**09.02.07 Информационные системы и программирование**

**МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ**

|                       |                |
|-----------------------|----------------|
| РАЗРАБОТЧИК           | Богданова И.Н. |
| ЗАВЕДУЮЩИЙ ОТДЕЛЕНИЕМ | Круглень В.Ю.  |
| ГОД РАЗРАБОТКИ        | 2023           |
| ГОД ОБНОВЛЕНИЯ        | 2025           |

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 2/65 |

## Содержание

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Введение .....                  | 3  |
| Лабораторное занятие №1 .....   | 5  |
| Лабораторное занятие № 2 .....  | 7  |
| Лабораторное занятие № 3 .....  | 8  |
| Лабораторное занятие №4 .....   | 11 |
| Лабораторное занятие № 5 .....  | 12 |
| Лабораторное занятие № 6 .....  | 13 |
| Лабораторное занятие №7 .....   | 16 |
| Лабораторное занятие №8 .....   | 18 |
| Лабораторное занятие №9 .....   | 20 |
| Лабораторное занятие №10 .....  | 22 |
| Лабораторное занятие №11 .....  | 23 |
| Лабораторное занятие №12 .....  | 25 |
| Лабораторное занятие №13 .....  | 27 |
| Лабораторное занятие №14 .....  | 28 |
| Лабораторное занятие №15 .....  | 31 |
| Лабораторное занятие №16 .....  | 37 |
| Лабораторное занятие №17 .....  | 40 |
| Лабораторное занятие №18 .....  | 43 |
| Лабораторное занятие №19 .....  | 46 |
| Лабораторное занятие №20 .....  | 47 |
| Лабораторное занятие №21 .....  | 52 |
| Лабораторное занятие №22 .....  | 54 |
| Лабораторное занятие №23 .....  | 55 |
| Лабораторное занятие № 24 ..... | 60 |
| Литература: .....               | 65 |

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 3/65 |

## Введение

Рабочей программой дисциплины предусмотрено проведение 48 академических часов.

Целью проведения лабораторных заданий является закрепление теоретических знаний и приобретение необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе практических занятий, обобщаются, вырабатывается способность и умение использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Определенная часть учебного времени программного курса физики в средних профессиональных учебных заведениях отводится эксперименту, выполняемому обучающимися в виде лабораторных работ.

Выполнение лабораторных занятий способствует:

1. Глубокому и осознанному усвоению материала.
2. Приобретению обучающимися практических умений и навыков работы с лабораторным оборудованием.
3. Формированию умений применять полученные знания на практике.
4. Выработке профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, творческая инициатива.
5. Развитию интереса к физике.

В результате выполнения лабораторных занятий у обучающихся формируются элементы следующих общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам;

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие;

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 4/65 |

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста;

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

При подготовке к выполнению работы следует:

1. Повторить теоретический материал по соответствующему параграфу учебника.
2. Ознакомиться с измерительными приборами и их характеристиками.
3. По возможности заранее подготовить таблицу для записи результатов.
4. Сделать письменный отчет по выполненной работе.

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 5/65 |

Раздел 1. Тема 1.1. Механика. Кинематика.

### Лабораторное занятие №1

#### Измерение ускорения тела при равноускоренном движении

**Цель:** овладение приемом определения ускорения тела, движущегося прямолинейно, по перемещению и времени движения.

Исходные данные и материалы: желоб с подставкой, стальной шарик, секундомер, брусок (или цилиндр из набора калориметрических тел), лента измерительная.

#### Краткая аннотация:

Из уравнения прямолинейного движения следует, что при движении из состояния покоя ускорение, перемещение и время движения тела связаны соотношением

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad \text{Формула (1)}$$

Из формулы (1) видно, что ускорение можно определить, измерив время движения и совершенное за это время, перемещение.

Экспериментальная установка для проведения работы показана на рисунке 1. Объектом исследования является стальной шарик, который будет скатываться по наклонному желобу.

Для увеличения времени его движения наклон желоба делают как можно меньшим, чтобы шарик скатывался с минимально возможным ускорением. Точки, откуда шарик начнет двигаться и где остановиться, помечают метками. Метки наносят карандашом на внутреннюю поверхность желоба вблизи его верхнего и нижнего концов. После опыта их удаляют ластиком. Перемещение шарика определяют, измеряют секундомером. Делают это в следующей последовательности.

Брусок кладут на желоб так, чтобы его основание совпало с верхней меткой. Выше бруска на желоб помещают шарик. Шарик должен касаться основания бруска. Удерживая шарик одной рукой, второй переносят брусок на другой конец желоба и устанавливают его основание напротив нижней метки. Шарик отпускают и одновременно включают секундомер. По звуку удара шарика о брусок секундомер выключают.

#### Содержание и порядок выполнения работы

Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 6/65 |

|    |      |               |      |               |                   |                          |                                 |
|----|------|---------------|------|---------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|
| 1. | S, М | $\Delta S, М$ | t, с | $\Delta t, с$ | $\alpha, М / с^2$ | $\Delta \alpha, М / с^2$ | Выведите расчетную формулу (1). |
|    |      |               |      |               |                   |                          |                                 |

2. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для определения ускорения тела методом, используемым в данной работе. С помощью, каких измерительных приборов будут проведены измерения? Определите и запишите границы абсолютных погрешностей этих приборов.ssssss
3. Определите и запишите границы абсолютных погрешностей отсчета при использовании секундомера и измерительной ленты.
4. Запишите формулу для определения абсолютной погрешности да.
5. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

Обозначение величин:

s - Перемещение шарика;

t - Время его движения;

$\alpha$  – ускорение шарика;

$\Delta S, \Delta t, \Delta \alpha$  – границы абсолютных погрешностей измерения этих величин.

6. Закрепите желоб в наклонном положении так, чтобы один его конец был выше другого не более чем на 5-10 мм. Для этого используйте подставку с вырезом или кусок пластилина.
7. Положите брусок на нижний край желоба. Нанесите на желоб метку напротив верхнего основания бруска. Переместите брусок к верхнему краю желоба. Выше бруска должно остаться место для шарика. Напротив основания бруска нанесите ещё одну метку.
8. Измерьте время движения t и перемещения s шарика, как это описано в пояснениях к работе.
9. Вычислите ускорение движения шарика  $\alpha$ .
10. Определите границы абсолютных погрешностей измерения перемещения  $\Delta s$ , времени  $\Delta t$  и ускорения  $\Delta \alpha$ .
11. Запишите результат определения ускорения с учетом погрешности:  
 $a = \Delta a_{\text{изм}} \pm \Delta \alpha$ . Число значащих цифр в записи результата должно соответствовать правилу записи значений измеренной величины и погрешности её измерения.
12. Повторите опыт ещё 2 раза, уменьшив перемещение шарика на 1/4, а затем на 1/3 от первоначального.
13. Проанализируйте полученные результаты, сделайте вывод о том, можно ли

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 7/65 |

считать движение шарика по желобу равноускоренным. Вывод и его обоснование запишите.

### Вывод по работе.

### Контрольные вопросы:

1. Как измеряют время движения шарика?
2. Как определяют перемещение шарика?
3. Почему рекомендуется проводить опыт при минимально возможном наклоне желоба?
4. Какую скорость должен иметь шарик в начальный момент движения, чтобы его ускорение можно было определить, воспользовавшись формулой (1)?

**Используемая литература: С.В. Степанов. Лабораторные работы 11класс (стр. 4-6),  
Г.Я.Мякишев Б.Б.Буховцев (стр.31-39)**

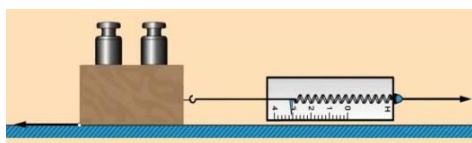
Раздел 1.Механика. Тема 1.2 Законы сохранения в механике

### Лабораторное занятие № 2

### Изучение особенностей силы трения (скольжения)

**Цель работы:** определить коэффициент трения скольжения и исследовать его зависимость от массы тела.

**Оборудование:** доска, брусок, динамометр, три груза.



1. Схема выполнения работы – на рисунке.

Коэффициент трения скольжения - коэффициент пропорциональности между величинами силы нормального давления тела на опору и силы трения. Чтобы определить силу нормального давления бруска, необходимо определить вес бруска, используя динамометр.

### Ход работы:

Формула для вычисления коэффициента трения скольжения:

$$\mu = F_{\text{тр}} / P$$

2. Прикрепив крючок динамометра к бруску, определите величину силы тяги при равномерном движении бруска по горизонтальной поверхности.
3. Повторите опыт, поочередно нагружая брусок грузами (одним, двумя, тремя).
4. Результаты измерений занесите в таблицу:

|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 8/65 |

| Номер опыта | Сила тяги, Н | Сила трения, Н | Масса тела, кг | Вес тела, Н | Коэффициент трения |
|-------------|--------------|----------------|----------------|-------------|--------------------|
|             |              |                |                |             |                    |
|             |              |                |                |             |                    |
|             |              |                |                |             |                    |
|             |              |                |                |             |                    |

5. Повторите измерения, перевернув брусок на другую грань.
6. Заполните аналогичную таблицу.
7. Сделайте вывод.

Раздел 1.Механика. Тема 1.2 Законы сохранения в механике

### Лабораторное занятие № 3

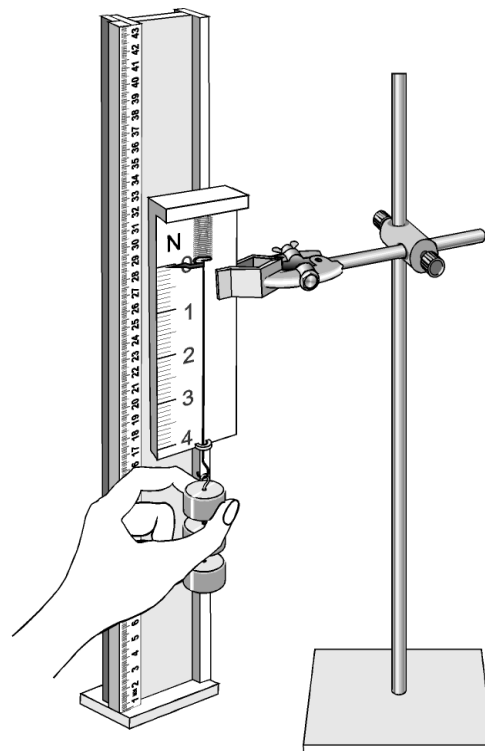
#### Сохранение механической энергии при движении тела под действием силы тяжести и упругости.

Цель: сравнение изменения потенциальной энергии пружины при её растяжении с изменением потенциальной энергии растянувшего её груза.

Исходные данные и материалы: спиральная пружина, грузы массой по 100г (2 шт.), штатив с муфтой и лапкой, линейка измерительная.

#### Краткая аннотация:

Экспериментальная установка для проведения работы показана на рисунке (1). Пружину закрепляют в лапке штатива вертикально свободным концом вниз. Параллельно виткам пружины на расстоянии примерно 1 см от неё закрепляют линейку шкалой, обращенной к пружине. К свободному концу пружины подвешивают два груза. Грузы, растянув пружину, увеличат запас её энергии, При этом сами грузы опустятся и их потенциальная энергия уменьшится. Согласно закону сохранения механической энергии



|                       |                            |         |
|-----------------------|----------------------------|---------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |         |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 9/65 |

$$\Delta E_{\text{пр}} = \Delta E_{\text{гр}} \quad (1)$$

Это равенство и проверяют, выполняя работу.

Изменение энергии пружины  $\Delta E_{\text{пр}}$  определяют,

измерив её жесткость  $k$  и максимальное растяжение  $X_{\text{max}}$ :

$$\Delta E_{\text{пр}} = \frac{kX_{\text{max}}^2}{2} \quad (2)$$

Для определения изменения потенциальной энергии груза необходимо знать его массу  $m$  и изменение высоты

$\Delta h$ :  $\Delta E_{\text{гр}} = mg \Delta h$ , или так как  $\Delta h = X_{\text{max}}$ , то

$$\Delta E_{\text{гр}} = mg X_{\text{max}} \quad (3)$$

Для более точного измерения растяжения пружины к её свободному концу прикрепляют самодельный указатель.

Это круг, вырезанный из плотной бумаги, диаметр которого примерно на 5 мм больше диаметра витка пружины. В центре круга прокалывают отверстие. Круг надрезают до середины и насаживают на отогнутый конец пружины.

### Содержание и порядок выполненная работа.

1. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для определения изменения потенциальных энергий пружины и грузов.
2. Определите и запишите границы абсолютной погрешности линейки и абсолютную погрешность отсчёта измерений.
3. Запишите формулы для определения границ абсолютных погрешностей жесткой пружины  $k$  и изменений потенциальных энергий пружины

$$\Delta\left(\frac{kX_{\text{max}}^2}{2}\right) \text{ и } \Delta(mg X_{\text{max}})$$

4. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений

| $k$ ,<br>Н/м | $\Delta k$ ,<br>Н/ м | $X_{\text{max}}$ ,<br>м | $\Delta X_{\text{max}}$ ,<br>м | $\frac{kX_{\text{max}}^2}{2}$ ,<br>Дж | $\Delta\left(\frac{kX_{\text{max}}^2}{2}\right)$ ,<br>Дж | $m_{\text{гр}}$ ,<br>кг | $\Delta m_{\text{гр}}$ ,<br>кг | $mgX_{\text{max}}$ ,<br>Дж | $\Delta(mgX_{\text{max}})$ ,<br>Дж |
|--------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
|--------------|----------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------------------------------|

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 10/65 |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

5. Соберите экспериментальную установку, как показано на рисунке 1.
6. Вычислите суммарную массу груза  $m_{гр}$ , подвешенного к пружине. Масса каждого из двух грузов, используемых в опыте, указана на его поверхности с точностью  $\pm 2$  г.
7. Определите жесткость пружины  $k$ . Для этого:  
Измерьте по шкале линейки координату  $x_0$  указателя пружины без груза.  
Измерьте координату  $x$ , указателя пружины с грузом.  
Вычислите растяжение пружины  $X$  под действием груза:  $X = x_1 - x_0$   
Вычислите силу тяжести груза, растягивающего пружину:  $F_T = m_{гр}g$   
Вычислите жесткость пружины  $k$  ( $k = X/m_{гр} g$ ) и границу абсолютной погрешности  $\Delta k$ .
8. Измерьте максимальное растяжение пружины  $X_{max}$  при движении груза. Для этого:  
Медленно поднимайте груз до тех пор, пока пружина вновь не окажется в нерастяннутом состоянии.  
Отпустите груз и заметьте координату указателя  $x$  при максимальном растяжении пружины. Чтобы избежать случайных ошибок, опыт повторите 5-7 раз и определите среднее значение  $X_{ср}$ .  
Вычислите максимальное растяжение  $X_{max}$  пружины:  $X_{max} = x_{ср} - x_0$  и границу абсолютной погрешности  $\Delta X_{max}$
9. Вычислите изменение потенциальной энергии пружины при максимальном растяжении:  $\Delta E_{пр} = \frac{kX_{max}^2}{2}$  - и границу абсолютной погрешности  $\Delta(\frac{kX_{max}^2}{2})$
10. Вычислите изменение потенциальной энергии груза  $mgX_{max}$  и границу абсолютной погрешности  $\Delta(mgX_{max})$ .
11. Запишите значения потенциальной энергии растянутой пружины и изменения потенциальной энергий груза с учётом интервалов возможных значений этих величин.
12. Определите, перекрываются ли интервалы возможных значений изменения энергии постоянной пружины и изменения потенциальной энергии груза.

**Используется литература Г.Я.Мякишев Б.Б.Буховцев. 10 класс (стр. 88-89).**

Раздел 2. Тема 2.1. Основы молекулярно-кинетической теории. Тепловое движение молекул.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 11/65 |

## Лабораторное занятие №4 Изучение закона Бойля-Мариотта

**Цель:** изучить закон Бойля-Мариотта.

**Исходные данные и материалы:** сильфон, металлический манометр.

### Краткая аннотация:

Экспериментальная установка для проверки закона Бойля-Мариотта показана на рисунке. Она состоит из сильфона, позволяющего изменять объем газа (воздуха), и металлического манометра. Сначала открывают оба крана манометра и с помощью винта сильфона растягивают или сжимают цилиндр так, чтобы объем воздуха в нем был равен 7,5у.е. Затем закрывают правый кран манометра и приступают к проверке закона Бойля-Мариотта, который имеет следующую формулировку: для газа данной массы произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не изменяется:  **$PV = \text{const}$** . Несколько раз медленно изменяют объем воздуха в приборе и наблюдают за показаниями манометра, при постоянной температуре. Результаты измерений записаны в таблице где объем выражен в условных единицах, а давление - в атмосферах (**1 атм = 1 кг/см<sup>2</sup> = Па**).

### Содержание и порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием, записать их технические данные.
2. Измерить объем, давление. Результаты занести в таблицу.
3. По полученным данным рассчитать -  **$PV$** .

| Объем V газа | Давление P | Произведение давления на объем:<br><b><math>PV = \text{const}</math></b> |
|--------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 7,5          | 1          |                                                                          |
| 6,5          | 1,15       |                                                                          |
| 6,0          | 1,25       |                                                                          |
| 8,0          | 0,94       |                                                                          |
| 9,0          | 0,83       |                                                                          |

4. Сделать вывод о зависимости давления данной массы газа от его объема при постоянной температуре.
5. Построить график этой зависимости.

**Выводы по работе.**

### Контрольные вопросы:

1. Что называют изопроцессом? Сформулируйте газовые законы.
2. Зарисуйте графики изопроцессов?

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 12/65 |

**3. Запишите I закон термодинамики для различных изопроцессов?  
Какой процесс называют адиабатным? Привести примеры**

**Используемая литература:  
Г.Я. Мякишев Б.Б. Буховцев 10класс (стр.189-191).**

**Лабораторное занятие № 5  
Тема: Измерение удельной теплоёмкости.**

**Исходные данные и материалы:** Штатив, сосуд, лед, газовая горелка, термометр.

**Краткая аннотация:**

Переход из одного агрегатного состояния в другое называется **фазовым переходом**.

Переход вещества из твердого состояния в жидкое называется **плавлением**, а температуру, при которой это происходит, - **температурой плавления**.  
Переход вещества из жидкого состояния в твердое называется кристаллизацией, а температуру перехода - **температурой кристаллизации**.

Количество теплоты, которое выделяется при кристаллизации тела либо поглощается телом при плавлении, отнесенное к единице массы тела, называется **удельной теплотой плавления** (кристаллизации)  $\lambda$ :

$$Q = \lambda m.$$

Переход вещества из жидкого состояния в газообразное называется **парообразованием**. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое называется **конденсацией**. Количество теплоты, необходимое для парообразования (выделяющееся при конденсации):

$$Q = Lm,$$

где  $L$  - **удельная теплота парообразования** (конденсации).

Парообразование, происходящее с поверхности жидкости, называется **испарением**. Испарение может происходить при любой температуре. Переход жидкости в пар, происходящий по всему объему тела, называется **кипением**, а температуру, при которой жидкость кипит, - **температурой кипения**.

Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется **насыщенным**.

Температура, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным, называется **точкой росы**.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 13/65 |

### Порядок выполнения:

1. Закрепить сосуд с льдом на штативе
2. Зафиксировать температуру льда
3. Нагреть сосуд горелкой и зафиксировать температуру плавления
4. Зафиксировать температуру, при которой весь лед растает

**Литература:** Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; Физика 10 класс

Раздел 2. Тема 2.2 Агрегатные состояния вещества

## ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

### Тема «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА»

#### Цель работы:

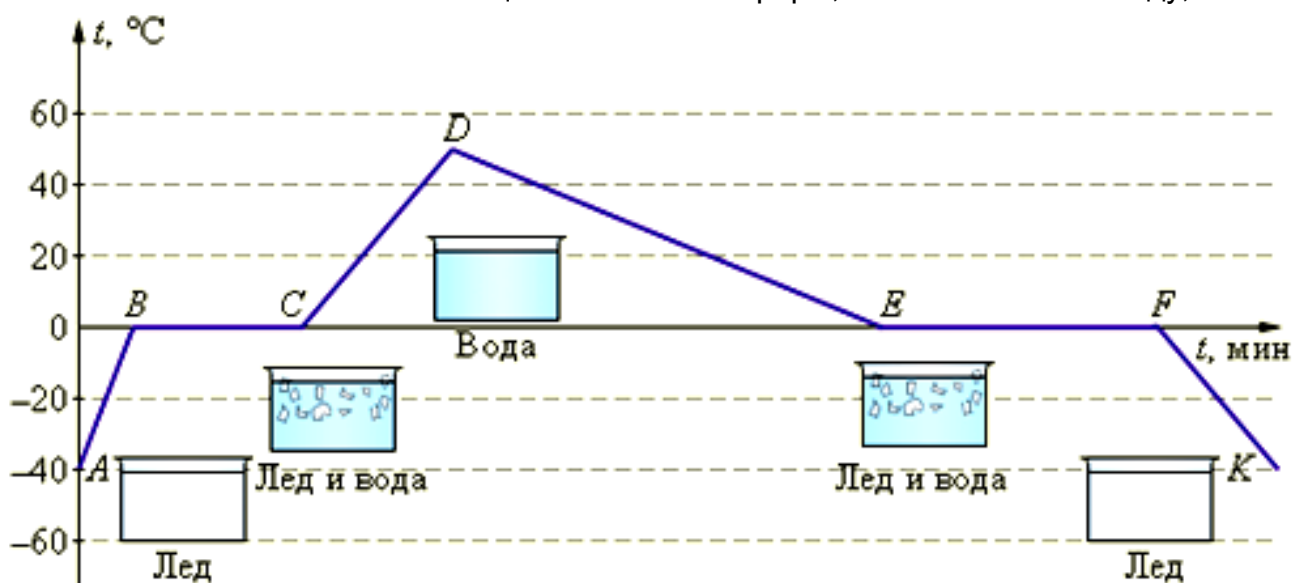
Определить относительную влажность воздуха в кабинете.

#### Исходные данные и материалы:

Термометр демонстрационный ,термометр лабораторный ,стакан с водой комнатной температуры ,кусок марли ,психометрическая таблица.

#### Краткая аннотация.

1. Вода занимает около 70,8% поверхности земного шара. Живые организмы содержат от 50 до 99,7% воды. Образно говоря живые организмы - это одушевленная вода. В атмосфере находится около 13-15 тыс. куб. км воды в виде капель, кристаллов снега и водяного пара. В среднем в атмосфере  $1.24 \times 10^{16}$  кг водяного пара. И хотя его долю составляет меньше 1 % от общей массы атмосферы, его влияние на погоду,



Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 14/65 |

климат Земли, самочувствие людей очень велико.

Главный источник водяного пара в атмосфере - испарение воды с поверхности океанов, морей водоёмов, влажной почвы, растений. С водяных просторов и суши за год испаряется свыше 500 000 км<sup>3</sup> воды, т.е. количество воды, почти равное количеству воды в Чёрном море.

В атмосфере под влиянием различных процессов водяной пар конденсируется. При этом образуются облака, туман, осадки, роса. При конденсации влаги выделяется количество теплоты, равное количеству теплоты, затраченному на испарение.

Этот процесс приводит к смягчению климатических условий в холодных районах.

**2. Воздух может быть сухой и влажный в зависимости от количества паров, находящихся при данной температуре в атмосфере.**

Абсолютная влажность  $p$  показывает сколько граммов водяного пара содержится в воздухе объёмом 1 м<sup>3</sup> при данных условиях, т.е. плотность водяного пара, измеряемого в  $\frac{г}{м^3}$ .

Для суждения о степени влажности важно знать, близок или далёк водяной пар, находящийся в воздухе, от состояния насыщения. Для этого вводят понятие относительной влажности.

Относительной влажностью воздуха  $\varphi$  называют отношение абсолютной влажности воздуха  $p$  к плотности  $p_0$  насыщенного водяного пара при той же температуре.  $\varphi$  выражается в процентах.

Относительную влажность можно определить по формуле.

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \times 100\% \quad (1)$$

**3. Если влажный воздух охлаждать, то при некоторой температуре пар, находящийся в воздухе можно довести до насыщения. При дальнейшем охлаждении водяной пар начинает конденсироваться в виде росы.**

Появляется туман, выпадает роса.

Температуру, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным в процессе охлаждения, называют точкой росы.

По точке росы с помощью специальных таблиц можно определить абсолютную влажность  $p$ . По заданной температуре воздуха можно определить с помощью этих же таблиц плотность насыщенного пара  $p_0$ , а затем по формуле (1) определяют относительную влажность воздуха.

**4. Значение влажности воздуха.**

От влажности зависит интенсивность испарения влаги с поверхности кожи человека. А испарение влаги имеет большое значения для поддержания температуры тела постоянной [

Благоприятная для человека относительная влажность воздуха 40-60%. Такую влажность поддерживают производственных помещениях, на борту космического корабля.

Большое значение имеет знание влажности в метеорологии для предсказания погоды, т.к. конденсация водяного пара приводит к образованию облаков и

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 15/65 |

последующему выпадению осадков. При этом выделяется большое количество теплоты в атмосферу. И наоборот, испарение сопровождается поглощением теплоты.

В ткацком, кондитерском, /печатном и других производствах для нормального течения процессов необходима определённая влажность.

Хранение произведений искусства, книг, музыкальных инструментов требует поддержания влажности на необходимом уровне.

### 5. Приборы для определения влажности.

Для определения влажности воздуха используют такие приборы, как гигрометры (конденсационный и волосной) и психрометры. С помощью конденсационный\_тигмометра можно определить абсолютную влажность по очке росы.

Действие волосного гигрометра основано на свойстве человеческого волоса удлиняться При увеличении относительной влажности воздуха.

При этом стрелка на шкале указывает относительную влажность воздуха в процентах.

### 6. Устройство и принцип действия психрометра.

Психрометр состоит из двух термометров. Один термометр показывает температуру воздуха, а другой обмотан тканью, конец которой опущен в воду. При испарении воды с ткани термометр охлаждается.

При большей или меньшей влажности испарение происходит быстрее?

Значит, разность показаний термометра тем больше, чем меньше относительная влажность. По разности показаний сухого и влажного термометров с помощью специальных таблиц можно определить относительную влажность воздуха.

### Указания к работе.

- 1.С помощью демонстрационного термометра измерьте температуру воздуха в классе - Кух термометр лабораторный.
2. Оберните резервуар термометра лабораторного марлей так, чтобы кончик ткани свободно свисал вниз, и закрепите его ниткой.
3. Держа термометр за его верхний край, опустите свисающую часть ткани в воду. Вода должна смочить ткань. При этом резервуар термометра должен оставаться выше уровня воды в стакане.
4. Наблюдая за показаниями термометра, запишите самое низкое показание термометра, это значит  $t_{\text{влаж}}$ .
5. Результаты измерений занесите в таблицу.

| $t$ сухого, °C | $t$ влажного ,°C | $t$ сухого – $t$ влажного ,°C | Относительная влажность $\varphi$ , % |
|----------------|------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|                |                  |                               |                                       |

6. С помощью психрометрической таблицы определите относительную влажность воздуха в классе

### 7. Вывод.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 16/65 |

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое испарение? Конденсация?
2. Какие атмосферные явления объясняются конденсацией пара?
3. Поглощается или выделяется энергия при а) конденсации, б) испарении?
4. Какой пар называют насыщенным? Ненасыщенным?
5. Что означает динамическое равновесие жидкости и пара?
6. Точка росы.

**Используемая литература**  
**Степанов С.В. Лабораторные работы 10 класс.**  
**Мякишев Г.Я. Синяков А.З.**

Раздел 3. Тема 3.1. Электростатика

### **Лабораторное занятие №7** **Электризация тел.**

*Цель работы:*

Обнаружить электризацию тел при соприкосновении (трении). Убедиться в существовании двух родов электрического заряда, в существовании взаимодействия заряженных тел. Научиться определять знак электрического заряда.

*Приборы и материалы:*

Штатив с изолирующим подвесом, две металлических гильзы на шелковых изолирующих нитях, электроскоп, две бумажных гильзы на нитях, стеклянная палочка (линейка), эбонитовая палочка, кусочек меха или шерстяная тряпочка, кусочки бумаги, пластмассовая линейка.

*Содержание и порядок работы:*

1. Возьмите линейку и потрите ее о сухой лист бумаги. Докажите, что линейка наэлектризовалась. В чем это проявляется?

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 17/65 |

2. Возьмите эбонитовую палочку и поднесите ее к металлической гильзе? Что наблюдаете?

3. Эбонитовую палочку потрите о шерсть и поднесите к гильзе, не касаясь ее. Что наблюдаете?

4. Коснитесь заряженной палочкой металлической гильзы. Что наблюдаете?

5. К заряженной гильзе поднесите палец, не касаясь нее. Коснитесь гильзы. Что наблюдается в обоих случаях?

6. Зарядите две металлические гильзы а) одноименно, б) разноименно, расположите друг с другом. Что наблюдаете?

7. Зарядите электроскоп отрицательно с помощью эбонитовой палочки, натертой о шерсть. Что наблюдаете?

8. Потрите о бумагу стеклянную пластину и также поднесите к заряженному отрицательному электроскопу. Что наблюдаете?

9. Определите знак заряда различных наэлектризованных тел.

10. Сделайте общий вывод из проделанной работы.

#### *Вопросы самоконтроля:*

1. Что такое электродинамика?

2. Что представляет собой электрический заряд?

3. Чему равно значение элементарного заряда?

4. Сформулируйте закон Кулона и значение физических величин, входящие в формулу.

#### *Литература:*

1. С.В.Степанов «Лабораторный эксперимент»,

2. Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, физика 10 класс

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 18/65 |

Раздел 3.Тема 3.2.Законы постоянного тока.

### Лабораторное занятие №8 Изучение закона Ома для участка цепи

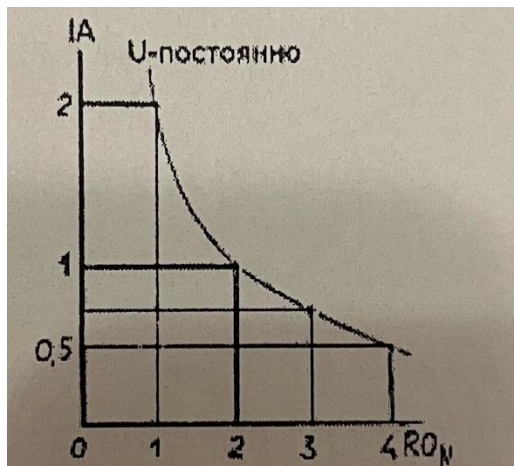
**Цель:** научиться измерять сопротивление проводника при помощи амперметра и вольтметра. Убедиться на опыте, что сопротивление проводника не зависит от силы тока в нем и напряжения на его концах.

**материалы:**

никелиновая  
вольтметр

напряжения

называется  
немецкого  
закон в 1827г.



**Исходные данные и**

источник тока ,исследуемый проводник(небольшая спираль),амперметр и ,реостат, ключ, соединительные провода.

**Краткая аннотация:**

Зависимость силы тока от на концах участка цепи и сопротивления этого участка **законом Ома** по имени учёного Ома, открывшего этот

Закон Ома читается так: **сила тока в участке цепи прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.**

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

Здесь I-сила тока в участке цепи, U-напряжение на этом участке, R-сопротивление участка.

Закон Ома-один из основных физических законов.

На рисунке

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 19/65 |

Зависимость силы тока от сопротивления проводника при одном и том же напряжении на его концах показана графически. На этом графике по горизонтальной оси в условно выбранном масштабе отложены сопротивления проводников в омах, по вертикальной-сила тока в амперах.

из формулы  $I = \frac{U}{R}$  следует, что  $U = IR$  и  $R = \frac{U}{I}$ . Следовательно, зная силу тока и сопротивление, можно по закону Ома вычислить напряжение на участке цепи, а зная напряжение и силу тока-сопротивление участка.

Сопротивление проводника можно определить по формуле

$R = \frac{U}{I}$  однако надо понимать, что R-величина постоянная для данного проводника и не зависит ни от напряжения, ни от силы тока. Если напряжение на данном проводнике увеличится, например, в 3 раза, то во столько же раз увеличится и сила тока в нем, а отношение напряжения к силе тока не изменится.

### Содержание и порядок выполнения работы

- 1.Соберите цепь, соединив последовательно батарею элементов, амперметр, спираль, реостат, ключ, вольтметр.
- 2.Измерьте силу тока в цепи.
- 3.К концам исследуемого проводника присоедините вольтметр и измерьте напряжение на проводнике.
- 4.С помощью реостата измените сопротивление цепи и снова измерьте силу тока в цепи и напряжение на исследуемом проводнике.
- 5.Результаты измерений занесите в таблицу:

|           | №<br>Опыта | Сила тока<br>I, А | Напряжение<br>U, В | Сопротивление R,<br>Ом |
|-----------|------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| Проводник | 1          |                   |                    |                        |
|           | 2          |                   |                    |                        |

6.Используя закон Ома, вычислите сопротивление проводника по данным каждого отдельного измерения.

7.Результаты вычислений занесите в таблицу.

8.Построить график по полученным данным.

**Вывод по работе.**

**Контрольные вопросы:**

- 1.Какова зависимость силы тока в проводнике от сопротивления этого проводника?
- 2.Как формулируется закон Ома?
3. Как записывается формула закона Ома?
- 4.Как выразить сопротивление участка цепи, зная напряжение на его концах и силу тока в нем?

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 20/65 |

Раздел 3.Тема 3.2.Законы постоянного тока.

### Лабораторное занятие №9 Измерение удельного сопротивления проводника

*Цель работы:*

Определить удельное сопротивление проводника и сравнить его с табличными данными.

*Исходные данные и материалы:*

Источник электропитания, реостат, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

*Краткая аннотация:*

Для выполнения работы необходима проволока из материала с большим удельным сопротивлением.

Удельное сопротивление проводника можно вычислить, используя формулы:

$$R = \rho * l / S$$

$$S = \pi * d^2 / 4$$

Сопротивление проводника можно измерить, используя закон Ома. В этом случае формула для расчета удельного сопротивления будет выглядеть так:

$$\rho = \frac{R * S}{l} = (R * \pi * d^2) / (4 * l)$$

$$\rho = (U * \pi * d^2) / (4 * I * l)$$

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием, записать их технические данные.
2. Собрать электрическую цепь (рис 1).

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

3. Измерить силу тока  $I$  и напряжение на его концах.
4. Измерить длину проводника и его диаметр.
5. Результат измерений и вычислений занести в таблицу.

| Вещество | $U$ , В | $I$ , А | $d$ , мм | $l$ , м | $\rho$ , Ом*м | Табличное значение<br>$\rho$ Ом*м |
|----------|---------|---------|----------|---------|---------------|-----------------------------------|
| нихром   | 6       | 0,8     | 0,3      | 0,5     |               | $1,1 \cdot 10^{-6}$               |
| сталь    | 1,6     | 2       | 0,3      | 0,5     |               | $0,12 \cdot 10^{-6}$              |

6. Вычислить приблизительное значение удельного сопротивления проводника.
7. Определить инструментальные погрешности измерительных приборов и погрешности отсчета.
8. Вычислить приблизительное значение удельного сопротивления проводника.
9. Записать результат измерений удельного сопротивления проводника.
10. Определить по справочнику материал проводника.

$$\rho = \frac{U \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot I \cdot l} \quad \pi \approx 3.14$$

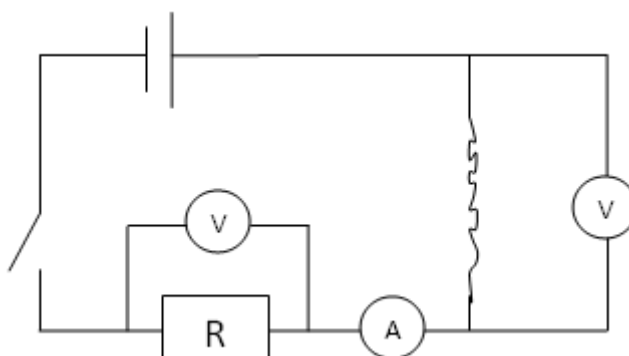


Рисунок – 1

*Вывод по работе.*

*Вопросы для самоконтроля:*

1. Что называют удельным сопротивлением проводника?

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 22/65 |

2. Почему для изготовления нагревательных элементов применяют проводники с большим удельным сопротивлением, а для подводящих с малым?

3. В каких единицах измеряют удельное сопротивление проводника в системе СИ?

4. Показать графически зависимость силы тока на данном участке от сопротивления этого проводника и напряжения.

5. Зависит ли сопротивление проводника от силы тока и напряжения на данном проводнике?

#### *Литература:*

1. Степанов С.В. Лабораторные работы 10-11 класс (с. 19-20)
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика 10 класс (с. 309-310).

Раздел 3. Тема 3.2. Законы постоянного тока.

### **Лабораторное занятие № 10**

**Тема: изучение последовательного соединения проводников.**

**Цель:** экспериментально проверить утверждение о том, что электрической цепи, содержащей два последовательно соединенных сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ , справедливы равенства:

$$R_{1,2} = R_1 + R_2;$$

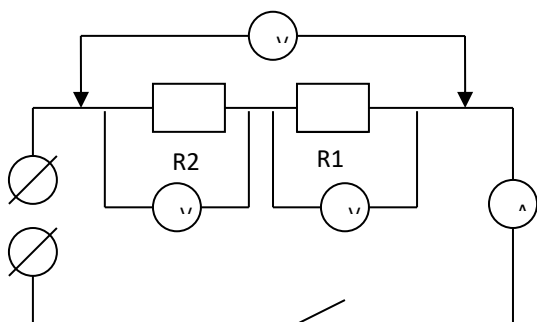
$$U_{1,2} = U_1 + U_2;$$

$$U_1/U_2 = R_1/R_2, \text{ где } U_1 \text{ и } U_2 - \text{ падение напряжения на соответствующих сопротивлениях.}$$

**Оборудование:** источник электропитания, резистор  $R_1$  и резистор  $R_2$ , амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

#### **Ход работы.**

1. Соберем электрическую цепь по схеме:



2. Все измерения и вычисления занесем в таблицу:

| I, A | U <sub>1</sub> , В | U <sub>2</sub> , В | U <sub>1,2</sub> В | R <sub>1</sub> , Ом | R <sub>2</sub> , Ом | R <sub>1,2</sub> Ом | U <sub>1</sub> /U <sub>2</sub> | R <sub>1</sub> /R <sub>2</sub> |
|------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1    | 2,4                | 3,6                | 6                  |                     |                     |                     |                                |                                |

3. На основании полученных вычислений приходим к выводу:

### Контрольные вопросы:

1. Какое соединение называют последовательным.
2. Какое соединение является параллельным.
3. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
4. В чем преимущество параллельного соединения потребителей?
5. Какой измерительный прибор соединяется параллельно с потребителем?

Раздел 3. Тема 3.2. Законы постоянного тока.

### Лабораторное занятие № 11

**Тема:** изучение параллельного сопротивления проводников.

**Цель:** экспериментально проверить утверждение о том, что для электрической цепи, содержащей 2 параллельно соединенных участка, справедливы равенства:

$$I_{1,2} = I_1 + I_2;$$

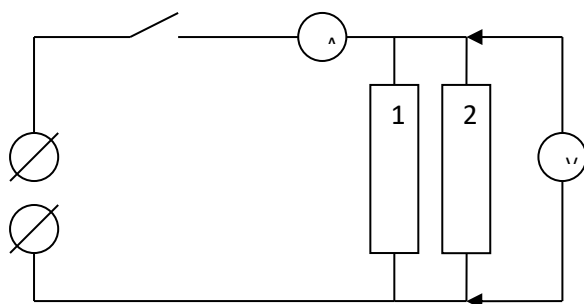
$$1/R_{1,2} = 1/R_1 + 1/R_2;$$

$$I_1/I_2 = R_2/R_1 \text{ где } I_1 \text{ и } I_2 \text{ токи протекающие через соответствующее сопротивление.}$$

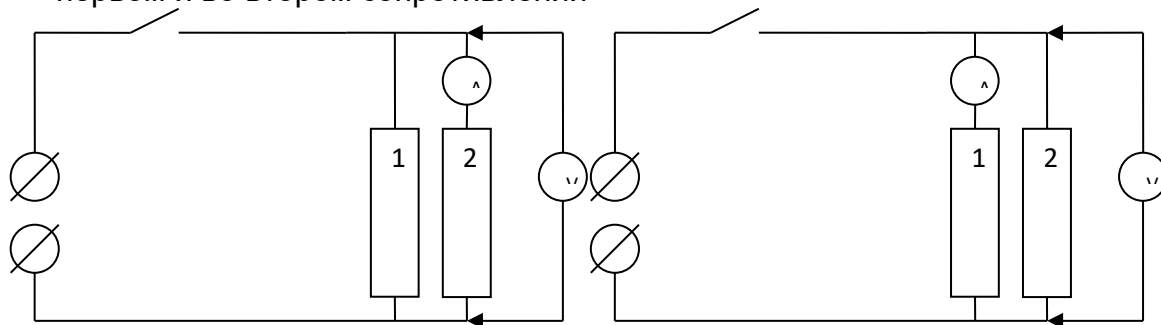
**Оборудование:** Источник электропитания, амперметр, вольтметр, резистор  $R_1$ , резистор  $R_2$ , ключ, соединительные провода.

### Ход работы.

1. Соберем электрическую цепь по схеме:



2. Измените схему установки так, чтобы она позволяла измерить силу тока в первом и во втором сопротивлении



3. Результаты измерений и вычислений заносим в таблицу:

| U, В | $I_1$ , А | $I_2$ , А | $I_{1,2}$ , А | $R_1$ , Ом | $1/R_1$ | $R_2$ , Ом | $1/R_2$ | $R_{1,2}$ , Ом | $1/R_{1,2}$ | $I_1/I_2$ | $R_2/R_1$ |
|------|-----------|-----------|---------------|------------|---------|------------|---------|----------------|-------------|-----------|-----------|
| 1,6  | 0,3       | 0,2       | 0,5           |            |         |            |         |                |             |           |           |

4. На основании проведенных измерений и сделанных вычислений приходим к выводу, что...

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 25/65 |

### Контрольные вопросы:

- 1.Сформулируйте Закон Ома для участка цепи.
- 2.Какое соединение проводников называют параллельным?
- 3.Как выражается сила тока при параллельном соединении?
- 4.От каких величин зависит сила тока?
- 5.Какое соединение проводников применяется в жилых помещениях? Почему?
- 6.Сравните последовательное и параллельное соединение проводников.

Раздел 3.Тема 3.2.Законы постоянного тока.

### Лабораторное занятие №12

#### Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

##### *Цель работы:*

Овладение приемом определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока с помощью вольтметра и амперметра.

##### *Исходные данные и материалы:*

Источник тока, амперметр, вольтметр, резистор, ключ, соединительные провода.

##### *Краткая аннотация*

Работа выполняется с помощью экспериментальной установки, схема которой изображена на рисунке 1.

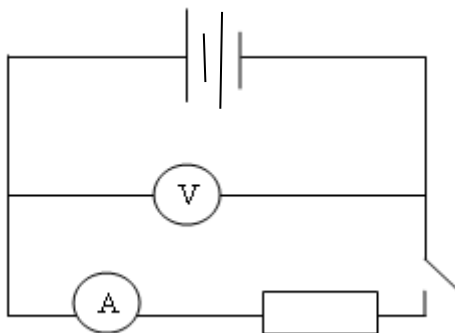


Рисунок – 1

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 26/65 |

ЭДС измеряют с помощью вольтметра при разомкнутом ключе. В этом случае сопротивление внешней цепи  $R \rightarrow \infty$  (или  $R \gg r$ ), и тогда

$$U = \varepsilon \quad (1)$$

Следует заметить, что равенство (1) выполняется тем строже, чем больше внутреннее сопротивление вольтметра.

Внутреннее сопротивление источника тока определяют после того, как ЭДС будет измерена. Замыкают ключ и измеряют напряжение  $U$  на резисторе и силу тока  $I$  в цепи. Согласно закону Ома для полной цепи, содержащей резистор, можно утверждать, что

$$r = \frac{\varepsilon - U}{I} \quad (2)$$

*Содержание и порядок выполнения работы:*

1. Докажите справедливость формулы (1).
2. Выведите расчетную формулу (2) для определения внутреннего сопротивления источника тока.
3. Укажите, какие физические величины подлежат прямому измерению для определения ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока приемом, используемым в данной работе. С помощью каких измерительных приборов будут проведены измерения? Определите и запишите границы абсолютных погрешностей этих приборов.
4. Определите и запишите границы абсолютных погрешностей отсчета амперметра и вольтметра.
5. Запишите формулы для определения границы абсолютных погрешностей измерения ЭДС и  $r$ .
6. Подготовьте таблицу для записи результатов измерений и вычислений.

| $\varepsilon$ , В | $\Delta\varepsilon$ , В | $U$ , В | $\Delta U$ , В | $I$ , А | $\Delta I$ , А | $r$ , Ом | $\Delta r$ , Ом |
|-------------------|-------------------------|---------|----------------|---------|----------------|----------|-----------------|
|                   |                         | 4,2     |                | 1,8     |                |          |                 |
|                   |                         | 4,4     |                | 1,6     |                |          |                 |

7. Соберите экспериментальную установку по схеме, изображенной на рисунке 10.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 27/65 |

8. Подключите источник тока к электросети и при разомкнутом ключе измерьте ЭДС источника.

9. Замкните ключ, определите и занесите в таблицу показания амперметра и вольтметра.

10. Вычислите границы абсолютных погрешностей измерений  $\epsilon$ ,  $U$  и  $I$ .

11. Вычислите значение внутреннего сопротивления источника тока  $r$ .

12. Вычислите значение границы абсолютной погрешности  $\Delta r$ .

13. Запишите полученные значения ЭДС и внутреннего сопротивления с учетом границ их абсолютных погрешностей. Вывод по работе.

#### *Вопросы самоконтроля:*

1. Почему внутреннее сопротивление вольтметра может влиять на точность измерения ЭДС?

2. Как изменится показание вольтметра при замкнутом ключе, если внутреннее сопротивление источника увеличится?

3. Каким должно быть сопротивление резистора, чтобы силу тока в цепи не превышала верхний предел измерения амперметра?

#### *Литература:*

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика 10 класс (с. 304-308).

Раздел 3. Тема 3.3. Магнитное поле.

### **Лабораторное занятие № 13**

#### **«Изучение явления электромагнитной индукции»**

**Цель работы** - изучить явление электромагнитной индукции.

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

#### **Порядок выполнения работы**

I. Выяснение условий возникновения индукционного тока.

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.

2. Наблюдая за показаниями миллиамперметра, отметьте, возникал ли индукционный ток, если:

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 28/65 |

1. в неподвижную катушку вводить магнит,
2. из неподвижной катушки выводить магнит,
3. магнит разместить внутри катушки, оставляя неподвижным.

3. Выясните, как изменялся магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий катушку в каждом случае. Сделайте вывод о том, при каком условии в катушке возникал индукционный ток.

## II. Изучение направления индукционного тока.

1. О направлении тока в катушке можно судить по тому, в какую сторону от нулевого деления отклоняется стрелка миллиамперметра.

Проверьте, одинаковым ли будет направление индукционного тока, если:

1. вводить в катушку и удалять магнит северным полюсом;
2. вводить магнит в катушку магнит северным полюсом и южным полюсом.

2. Выясните, что изменялось в каждом случае. Сделайте вывод о том, от чего зависит направление индукционного тока.

## III. Изучение величины индукционного тока.

1. Приближайте магнит к неподвижной катушке медленно и с большей скоростью, отмечая, на сколько делений ( $N_1$ ,  $N_2$ ) отклоняется стрелка миллиамперметра.

2. Приближайте магнит к катушке северным полюсом. Отметьте, на сколько делений  $N_1$  отклоняется стрелка миллиамперметра.

К северному полюсу дугообразного магнита приставьте северный полюс полосового магнита. Выясните, на сколько делений  $N_2$  отклоняется стрелка миллиамперметра при приближении одновременно двух магнитов.

3. Выясните, как изменялся магнитный поток в каждом случае. Сделайте вывод, от чего зависит величина индукционного тока.

Ответьте на вопросы:

1. В катушку из медного провода сначала быстро, затем медленно вдвигают магнит. Одинаковый ли электрический заряд при этом переносится через сечение провода катушки?
2. Возникнет ли индукционный ток в резиновом кольце при введении в него магнита?

## Лабораторное занятие №14

### Определение периода колебаний математического и пружинного маятников

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 29/65 |

**Цель:** исследования зависимости периода колебаний маятника от длины нити, амплитуды колебаний и массы маятника.

**Исходные данные и материалы:** грузы массой 50 г и 100 г, нить длиной 1 м с петлями на концах, секундомер, лента измерительная, штатив с муфтой и лапкой, пружина с известной жесткостью.

### Ход работы.

- I. Период малых свободных колебаний математического маятника определяется формулой

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

По этой формуле рассчитаем значение периода и обозначим его  **$T_1$** .

По определению периодом называется время одного полного колебания, которое можно определить через отношение времени  **$t$** , за которое маятник совершит несколько полных колебаний, к числу  **$N$**  этих колебаний:

$$T = \frac{t}{N} \quad (2)$$

По этой формуле определим период и его значение обозначим  **$T_2$** .

1. Исследуем зависимость периода колебаний математического маятника от длины нити.  
Все измерения и вычисления занесем в таблицу:

| № п/п | $l, м$ | $T_1, с$ | $N$ | $t, с$ | $T_2, с$ |
|-------|--------|----------|-----|--------|----------|
| 1.    | 0,4    |          | 25  | 32     |          |
| 2.    | 0,36   |          | 25  | 30     |          |
| 3.    | 0,28   |          | 25  | 26     |          |

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 30/65 |

Сравнивая значения периодов колебаний, полученные по формулам (1) и (2) в каждом из опытов, приходим к выводу:

- Исследуем зависимость периода колебаний математического маятника от амплитуды колебаний. Величина отклонения от положения равновесия в каждом случае будет разная:

| № п/п | <i>A, м</i> | <i>l, м</i> | <i>T<sub>1</sub>, с</i> | <i>N</i> | <i>t, с</i> | <i>T<sub>2</sub>, с</i> |
|-------|-------------|-------------|-------------------------|----------|-------------|-------------------------|
| 1.    | 0,19        | 0,41        |                         | 20       | 26          |                         |
| 2.    | 0,12        | 0,41        |                         | 20       | 25          |                         |
| 3.    | 0,05        | 0,41        |                         | 20       | 26          |                         |

Сравнивая значения периодов колебаний, полученные по формулам (1) и (2) в каждом из опытов, приходим к выводу:

- Исследуем зависимость периода колебаний математического маятника от массы. Увеличиваем массу тела в каждом случае на 50г.

| № п/п | <i>m, кг</i> | <i>l, м</i> | <i>T<sub>1</sub>, с</i> | <i>N</i> | <i>t, с</i> | <i>T<sub>2</sub>, с</i> |
|-------|--------------|-------------|-------------------------|----------|-------------|-------------------------|
| 1.    | 0,10         | 0,41        |                         | 20       | 25          |                         |
| 2.    | 0,15         | 0,41        |                         | 20       | 26          |                         |
| 3.    | 0,20         | 0,41        |                         | 20       | 26          |                         |

Сравнивая значения периодов колебаний, полученные по формулам (1) и (2) в каждом из опытов, приходим к выводу:

- Рассмотрим, от каких величин и как зависит период пружинного маятника. Период свободных колебаний пружинного маятника определяется по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 31/65 |

Или по формуле

$$T = \frac{t}{N} \quad (2)$$

Вычислим период по обеим формулам и рассчитаем жесткость пружины:

| № п/п | $m, \text{кг}$ | $T_1, \text{с}$ | $N$ | $t, \text{с}$ | $T_2, \text{с}$ | $k, \text{Н/м}$ |
|-------|----------------|-----------------|-----|---------------|-----------------|-----------------|
| 1.    | 0,1            |                 | 20  | 11            |                 |                 |
| 2.    | 0,15           |                 | 20  | 13            |                 |                 |
| 3.    | 0,2            |                 | 20  | 15            |                 |                 |

Вывод:

#### Контрольные вопросы:

1. Что называется, колебательным движением?
2. Какое колебание называют полным?
3. Что называют периодом колебаний, в каких единицах он выражается?
4. Почему в работе период колебаний измеряют не по времени одного полного колебания, а как отношение времени нескольких колебаний к числу этих колебаний?
5. Как изменится период колебаний, если длину маятника уменьшить в 4 раза?
6. Как изменится период колебаний, если длину маятника увеличить в 9 раза?
7. Как период колебаний зависит от массы колеблющегося тела?
8. Как будет меняться период колебаний маятника при изменениях амплитуды колебаний?
9. Запишите основные параметры колебательного движения.

### Лабораторное занятие № 15

#### Устройство и работа трансформатора

**Цель работы:** ознакомиться с устройством и принципом действия однофазного трансформатора. Опытным путем исследовать работу трансформатора на холостом ходу, при коротком замыкании и под нагрузкой. Построить рабочие характеристики.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 32/65 |

## Краткие теоретические сведения

Трансформатор представляет собой статический электромагнитный аппарат, предназначенный для преобразования посредством магнитного поля электрической энергии переменного тока одного напряжения в электрическую энергию переменного тока другого напряжения с условием сохранения частоты.

Трансформаторы получили широкое распространение при передаче электрической энергии на большие расстояния и для распределения энергии между ее потребителями. Трансформаторы, используемые в системе электроснабжения для обеспечения электроэнергией основных потребителей, называются силовыми.

Трансформатор состоит из замкнутого ферромагнитного сердечника – магнитопровода 1 (рис.5.1), на котором размещены две обмотки: первичная 1, к которой подводят напряжение  $U_1$  от источника питания, и вторичная 2, к которой подключают потребителей на напряжение  $U_2$ . Начала обмотки обычно обозначают А и а, концы Х и х.

Принцип действия трансформатора основан на явлении электромагнитной индукции. Под действием переменного напряжения  $U_1$  по виткам первичной обмотки протекает переменный ток  $I_1$ , создающий переменную намагничивающую силу  $F_1 = I_1 W_1$ , которая, в свою очередь, создает переменный основной магнитный поток  $\Phi$ , замыкающий по стальному магнитопроводу. Замыкаясь, магнитный поток  $\Phi$  оказывается сцепленным как с первичной, так и с вторичной обмотками и наводит в обеих обмотках электродвижущие силы.

Таким образом, при подключении первичной обмотки трансформатора к источнику переменного тока на зажимах вторичной обмотки индуцируется переменная ЭДС  $E_2$ , вторичная обмотка становится источником питания и к ней можно присоединить какой-либо электроприемник.

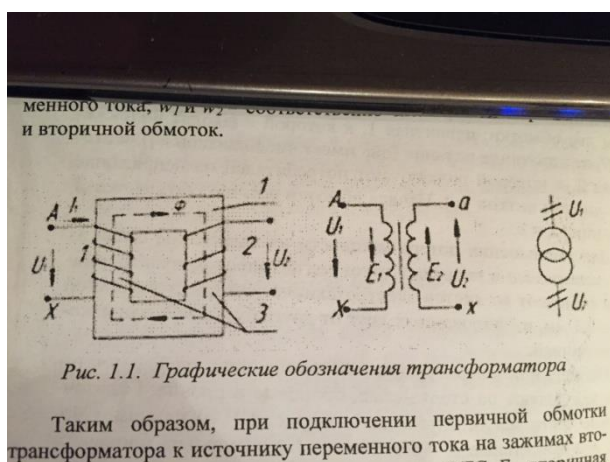


Рис. 1. Графические обозначения трансформатора

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 33/65 |

Опыт холостого хода трансформатора – это такой режим работы трансформатора, при котором к первой обмотке подведено номинальное напряжение  $U_{1н}$ , а вторичная обмотка разомкнута.

Работа трансформатора под нагрузкой – оценивают коэффициентом нагрузки  $\beta$  и определяют как отношение токов

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2н}}$$

Важнейшей характеристикой трансформатора является его внешняя характеристика. Это зависимость  $U_2 = f(\beta)$  при  $U_1 = U_{1н} = \text{const}$ ,  $f_1 = \text{const}$ . Внешние характеристики трансформатора зависят от характера нагрузки.

Опыт короткого замыкания. Для проведения опыта вторичную обмотку замыкают накоротко при первичном напряжении, пониженным регулятором напряжения до такой величины, при которой токи в обмотках будут равны номинальным, т. е. паспортным:  $I_1 = I_{1н}$ ;  $I_2 = I_{2н}$ .

Напряжение  $U_{1к}$ , при котором проводится опыт короткого замыкания, называется абсолютным напряжением короткого замыкания.

## Практическая часть

### 1. Опыт холостого хода

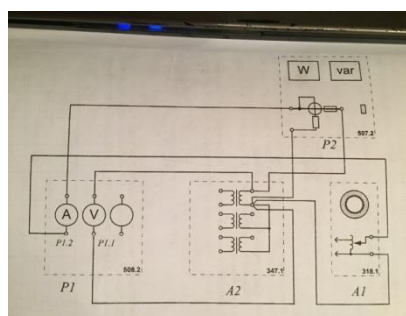


Рис. 2. Схема опыта холостого хода однофазного трансформатора

Таблица 5.1

|          |     |     |     |     |     |    |    |    |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| $U_1, В$ | 230 | 200 | 170 | 140 | 110 | 80 | 50 | 20 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 34/65 |

|                     |      |       |      |      |       |      |      |      |
|---------------------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| U <sub>2</sub> , В  | 133  | 115,5 | 98   | 81   | 64    | 46   | 28,8 | 11,8 |
| I <sub>0</sub> , мА | 49   | 28,5  | 20   | 15   | 11    | 8    | 5    | 2    |
| P <sub>0</sub> , Вт | 2    | 1,5   | 1    | 0,75 | 0,5   | 0,25 | 0,1  | 0,02 |
| Q <sub>0</sub> , Вт | 12   | 6     | 3,5  | 2    | 1,125 | 0,5  | 0,2  | 0,03 |
| cos φ <sub>0</sub>  | 0,16 | 0,24  | 0,27 | 0,35 | 0,41  | 0,44 | 0,45 | 0,55 |

Расчет значения коэффициента мощности:

$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}}$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{2}{\sqrt{2^2 + 12^2}} = \frac{2}{\sqrt{148}} = 0,16;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{1,5}{\sqrt{1,5^2 + 6^2}} = \frac{1,5}{\sqrt{38,25}} = 0,24;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{1}{\sqrt{1^2 + 3,5^2}} = \frac{1}{\sqrt{13,25}} = 0,27;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{0,75}{\sqrt{0,75^2 + 2^2}} = \frac{0,75}{\sqrt{4,56}} = 0,35;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{0,5}{\sqrt{0,5^2 + 1,125^2}} = \frac{0,5}{\sqrt{1,52}} = 0,41;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{0,25}{\sqrt{0,25^2 + 0,5^2}} = \frac{0,25}{\sqrt{0,32}} = 0,44;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{0,1}{\sqrt{0,1^2 + 0,2^2}} = \frac{0,1}{\sqrt{0,05}} = 0,45;$$

$$\cos \varphi_0 = \frac{0,02}{\sqrt{0,02^2 + 0,03^2}} = \frac{0,02}{\sqrt{0,0013}} = 0,55.$$

## 2. Опыт короткого замыкания

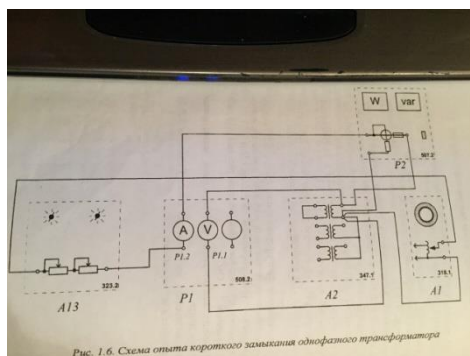


Рис. 5.3. Схема опыта короткого замыкания однофазного трансформатора

Таблица 5.2

|           |      |      |      |      |      |       |      |       |
|-----------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|
| $I_k, A$  | 0,05 | 0,1  | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30  | 0,35 | 0,40  |
| $U, B$    | 1,83 | 3,68 | 5,48 | 7,25 | 9,09 | 10,93 | 12,7 | 14,56 |
| $P_k, Вт$ | 0,1  | 0,4  | 0,9  | 1,5  | 2,4  | 3,375 | 4,5  | 5,875 |

## 3. Работа однофазного трансформатора с нагрузкой

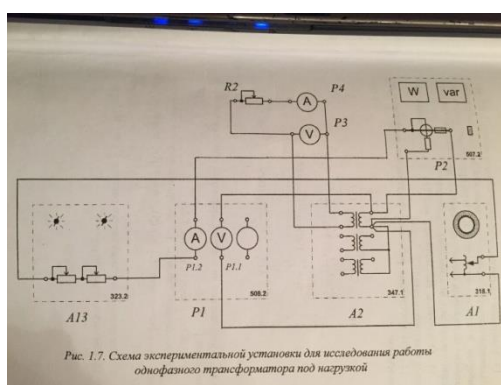


Рис. 3. Схема экспериментальной установки для исследования работы Однофазного трансформатора под нагрузкой

Таблица 5.3

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 36/65 |

| в     |       | Измерено |       | Вычислено        |       |          |              |      |  |
|-------|-------|----------|-------|------------------|-------|----------|--------------|------|--|
| $I_1$ | $I_2$ | $U_2$    | $P_1$ | $\cos \varphi_1$ | $P_2$ | $\alpha$ | $\Delta U_2$ |      |  |
| A     | A     | B        | Вт    | –                | Вт    | %        | %            |      |  |
| 0     | 0,092 | 0        | 132   | 15               | 0,72  | 0        | 0            | 0,75 |  |
| 0,25  | 0,123 | 0,15     | 131,5 | 24               | 0,89  | 19,7     | 82           | 1,13 |  |
| 0,5   | 0,209 | 0,3      | 129   | 45               | 0,98  | 38,7     | 86           | 3    |  |
| 0,75  | 0,29  | 0,45     | 127,5 | 68               | 1,06  | 57,4     | 84,4         | 4,14 |  |
| 1,0   | 0,38  | 0,6      | 125,5 | 90               | 1,07  | 75,3     | 83,6         | 5,64 |  |

$$U_1 = 220 \text{ В}; U_2 = 133 \text{ В}; I_{2\text{ном}} = \frac{S_{\Phi \text{ ном}}}{U_{2\text{ном}}} = \frac{80}{133} = 0,6 \text{ А}. I_{2\text{ном}} = \frac{S_{\Phi \text{ ном}}}{U_{2\text{ном}}} = \frac{80}{133} = 0,6 \text{ А}.$$

Расчет:

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S} = \frac{P_1}{U_1 \cdot I_1}$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{15}{220 \cdot 0,092} = 0,72^\circ;$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{24}{220 \cdot 0,123} = 0,89^\circ;$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{45}{220 \cdot 0,209} = 0,98^\circ;$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{68}{220 \cdot 0,29} = 1,06^\circ;$$

$$\cos \varphi_1 = \frac{90}{220 \cdot 0,38} = 1,07^\circ.$$

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 37/65 |

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 \cdot \cos\varphi_2$$

$$P_2 = 132 \cdot 0 \cdot 1 = 0 \text{ Вт};$$

$$P_2 = 131,5 \cdot 0,15 \cdot 1 = 19,7 \text{ Вт};$$

$$P_2 = 129 \cdot 0,3 \cdot 1 = 38,7 \text{ Вт};$$

$$P_2 = 127,5 \cdot 0,45 \cdot 1 = 57,4 \text{ Вт};$$

$$P_2 = 125,5 \cdot 0,6 \cdot 1 = 75,3 \text{ Вт}.$$

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100\% = \frac{U_2 \cdot I_2}{P_1} \cdot 100\%$$

$$\eta = \frac{0}{15} \cdot 100 = 0 \%;$$

$$\eta = \frac{19,7}{24} \cdot 100 = 82 \%;$$

$$\eta = \frac{38,7}{45} \cdot 100 = 86 \%;$$

$$\eta = \frac{57,4}{68} \cdot 100 = 84,4 \%;$$

$$\eta = \frac{75,3}{90} \cdot 100 = 83,6 \%.$$

$$\Delta U_2 = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \cdot 100\%$$

$$\Delta U_2 = \frac{133 - 132}{133} \cdot 100 = 0,75 \%;$$

$$\Delta U_2 = \frac{133 - 131,5}{133} \cdot 100 = 1,13 \%;$$

$$\Delta U_2 = \frac{133 - 129}{133} \cdot 100 = 3 \%;$$

$$\Delta U_2 = \frac{133 - 127,5}{133} \cdot 100 = 4,14 \%;$$

$$\Delta U_2 = \frac{133 - 125,5}{133} \cdot 100 = 5,64 \%.$$

**Вывод:** ознакомились с устройством и принципом действия однофазного трансформатора. Опытным путем исследовали работу трансформатора на холостом ходу, при коротком замыкании и под нагрузкой. Построили рабочие характеристики.

### Лабораторное занятие № 16 Сборка и настройка простейшего радиоприёмника

**Цель:** освоить принципы радиосвязи и схему простейшего радиоприёмника.

**Оборудование.** 1. Катушка контурная. 2. Конденсатор переменной ёмкости. 3. Диод полупроводниковый Д2. 4. Телефон головной Т. 5. Конденсатор постоянной

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 38/65 |

ёмкости с1000 пФ. 6. Провода соединительные, планки. 7. Провода для антенны. А и заземления 3. 8. Монтажная доска, контакты для телефона, винты, шайбы.

## Теория

Радиоприёмником называют устройство, позволяющее принимать высокочастотные модулированные колебания.

Сущность радиоприёма заключается в следующем.

Радиоволны, излучаемые передающими радиостанциями, индуцируют в антенне приёмника высокочастотные токи, которые поступают в колебательный контур. Колебательный контур выделяет колебания лишь той радиостанции, частота которой совпадает с частотой колебаний приёмного колебательного контура. При этом наступает электрический резонанс – сопротивление контура уменьшается, а принятый электрический сигнал усиливается.

Настройка в резонанс достигается обычно изменением ёмкости приёмного колебательного контура конденсатором переменной ёмкости. Модулированные колебания, принятые колебательным контуром приёмника с помощью детектора, преобразуются в пульсирующий ток одного направления, амплитуды которого изменяются со звуковой частотой.

Если к головным наушникам (телефону) или динамику параллельно присоединить блокировочный конденсатор, то пульсирующий ток высокой частоты пойдёт через конденсатор, а ток низкой частоты (звуковой) пойдёт через катушку телефона; его мембрана придёт в колебательное движение со звуковой частотой передающей станции.

Простейший из радиоприёмников не требует для работы электрической энергии: он работает только за счёт энергии принятого сигнала, поэтому позволяет принять и прослушать ближайшие мощные радиостанции определённого диапазона частот.

## История

"Говорит Москва!" — с такого позывного ежедневно начинала эфир одна из самых засекреченных радиостанций в годы Великой Отечественной войны — РВ-1 имени Коммунистического интернационала, немцы приближались к Москве, было принято решение эвакуировать радиостанцию РВ-1 имени Коминтерна из подмосковного Ногинска в Уфу. Вещание антифашистских программ велось на 18 европейских языках, а эфирный сигнал транслировался на всю оккупированную Европу и Америку.

1200 уфимских добровольцев за сутки в условиях повышенной секретности проложили в Уфе специальный кабель протяженностью более 6 километров, соединивший радиостудию в центре города с мощным передатчиком, построенным за городом. Секретность объекта была сохранена, добровольцы думали, что копают траншею для обычной телефонной линии.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 39/65 |

По номинальной мощности своей радиовещательной сети РВ-1 до войны занимала первое место в Европе и составляла 500 кВт. Первого мая 1942 года радиостанция провела пробное вещание, а с июня вошла в нормальный режим союзного вещания.

### Детекторный приёмник

Монтажная и принципиальная схемы детекторного приёмника для приёма радиовещательных станций без источника питания



Рисунок 1

### Порядок выполнения работы

1. Пользуясь принципиальной схемой рис.1, собрать радиоприёмник.
2. Медленно вращая ручку конденсатора переменной ёмкости, настроить колебательный контур в резонанс с частотой принимаемой радиостанции и послушать её передачу.
3. Продемонстрировать работу приёмника.
4. Разобрать приёмник.

### Вопросы для закрепления теоретического материала к практическому занятию:

1. Каково назначение антенны и заземления?
2. Какова роль детектора?
3. Какова физическая сущность электрического резонанса?
4. Объясните принцип действия собранного вами радиоприёмника.
5. Каково соотношение между длиной, частотой и скоростью распространения радиоволны?
6. Вычислить длину волны «Русского радио» и «Хит FM»

### Список литературы

Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 40/65 |

1. В. Ф. Дмитриева Физика для профессий и специальностей технического профиля М.: ИД Академия – 2016
2. Р. А. Дондукова Руководство по проведению лабораторных работ по физике для СПО М.: Высшая школа, 2000
3. Лабораторные работы по физике с вопросами и заданиями Тарасов О.М.

## Лабораторное занятие № 17

### Измерение показателя преломления стекла

**Цель работы:** наблюдение преломления света на границе раздела сред воздух — стекло, а также измерение показателя преломления стекла с помощью плоскопараллельной пластины.

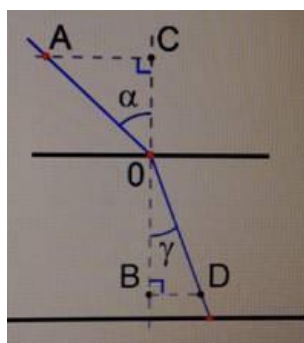
**Оборудование:** плоскопараллельная пластина, 4 булавки, линейка, транспортир, лист бумаги, карандаш, кусок поролона.

**Теоретическая часть:**

Преломление — это изменение направления распространения света, возникающее на границе раздела двух прозрачных сред или в толще среды с непрерывно изменяющимися свойствами.

Закон преломления света гласит, что луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости. Отношение же синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, не зависящая от угла падения.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$



$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma}$$

Рис. 1. Определение показателя

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 41/65 |

$\sin\alpha$  – угол падения

$\sin\gamma$  – угол преломления

На рисунке – две горизонтальные линии: малая и большая грань плоскопараллельной пластины (см. рис. 1).

В точке О располагается первая булавка. Вторая булавка располагается в точке А.

Направление АО – направление падающего луча.

Направление от точки О до булавки, расположенной на большой грани, – преломленный луч.

Отмерим при помощи линейки расстояние  $OD = OA$ .

Из точки А на перпендикуляр раздела двух сред опускаем перпендикуляр. Из точки D на перпендикуляр раздела двух сред опускаем перпендикуляр.

Два треугольника – прямоугольные. В них можно определять синус угла падения и синус угла преломления.

При помощи линейки измеряются расстояние AC и расстояние DB.

$$\sin\alpha = \frac{CA}{AO}$$

$$\sin\gamma = \frac{DB}{DO}$$

$$n = \frac{\sin\alpha}{\sin\gamma} = \frac{CA}{DB}$$

*Ход работы:*

1. Положим на стол кусок поролона, чтобы было удобнее воткнуть булавки.
2. Накрываем поролон белым листом бумаги.
3. Положим сверху плоскопараллельную стеклянную пластинку.
4. Карандашом обводим малую и большую грани.
5. Первую булавку воткнем возле первой грани, вторую булавку воткнем под некоторым углом к первой.
6. Наблюдая за двумя булавками через большую грань, найдем точку расположения третьей булавки, чтобы первая и вторая загоразивали друг друга (см. рис. 2).



Рис. 2. Плоскопараллельная пластина

7. Отмечаем место расположения всех трех булавок.

8. Снимаем оборудование и смотрим на полученный чертеж.
9. При помощи линейки измеряем катеты (см. рис. 3).

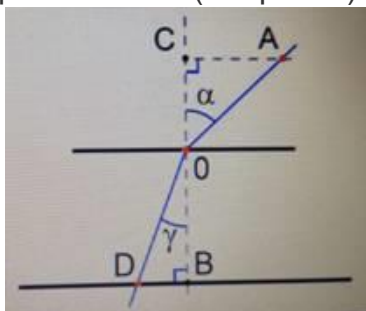


Рис. 3. Определение показателя

CA = 15 мм, DB = 10 мм.

10. Прodelайте данный эксперимент еще не менее двух раз, меняя угол падения луча на пластинку, не забывая заносить все полученные данные в таблицу.

| № опыта | CA, мм | DB, мм | n   |
|---------|--------|--------|-----|
| 1       | 15     | 10     | 1,5 |
| 2       |        |        |     |

Относительный показатель преломления равен 1,5, это означает, что скорость света при переходе из воздуха в стекло уменьшается в 1,5 раза.

Чтобы проверить полученные данные, необходимо сравнить их с таблицей показателей преломления для различных веществ (см. рис. 4).

| Вещество                   | Показатель преломления<br>относительно воздуха |
|----------------------------|------------------------------------------------|
| Вода (при 20 °С)           | 1,33                                           |
| Кедровое масло (при 20 °С) | 1,52                                           |
| Сероуглерод (при 20 °С)    | 1,63                                           |
| Лёд                        | 1,31                                           |
| Каменная соль              | 1,54                                           |
| Кварц                      | 1,54                                           |
| Рубин                      | 1,76                                           |
| Алмаз                      | 2,42                                           |
| Различные сорта стекла     | от 1,47 до 2,04                                |

Рис. 4. Таблица показателей преломления

По показателю преломления можно определить, какое у нас вещество.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 43/65 |

11. После проделанной работы рассчитайте абсолютные погрешности измерения отрезков.

**Абсолютные погрешности  
измерения отрезков:**

$$\Delta AE = \Delta_{\text{и}} AE + \Delta_{\text{о}} AE$$

$$\Delta DC = \Delta_{\text{и}} DC + \Delta_{\text{о}} DC$$

12. Далее вычислите относительную и абсолютную погрешности измерения показателя преломления стекла.

**Абсолютная и относительная  
погрешности измерения  
показателя преломления:**

$$\varepsilon_n = \frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta AE}{AE} + \frac{\Delta DC}{DC}, \quad n = \varepsilon_n n.$$

13. Сравните результаты, полученные по формулам, и сделайте вывод о зависимости или независимости показателя преломления от угла падения светового луча.

$$n_{1\text{пр}} - \Delta n_1 < n_1 < n_{1\text{пр}} + \Delta n_1$$

$$n_{2\text{пр}} - \Delta n_2 < n_2 < n_{2\text{пр}} + \Delta n_2$$

**Контрольные вопросы:**

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

Дополнительное задание:

Попробуйте, используя стеклянную пластинку, наблюдать явление полного отражения. Запишите, как вы осуществляли этот эксперимент.

## Лабораторное занятие № 18

### Определение главного фокусного расстояния и оптической силы линзы.

#### 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

научиться практически определять и графически строить изображения в собирающей линзе, определять фокусное расстояние и оптическую силу линзы.

#### 2. ТЕОРИЯ:

Главным фокусным расстоянием линзы называется расстояние от оптического

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 44/65 |

центра линзы до ее главного фокуса. Оптическая сила линзы  $D$  есть величина, обратная фокусному расстоянию:

$$D = \frac{1}{F}$$

Оптическая сила характеризует преломляющую способность линзы и выражается в диоптриях. За 1 дптр принята оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1м. Оптическая сила вогнутых линз отрицательна.

Главное фокусное расстояние  $F$ , расстояние от оптического центра линзы до предмета  $d$  и до его изображения  $f$  связаны формулой:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Главное фокусное расстояние и оптическую силу линзы можно определить опытным путем.

### 3. ОБОРУДОВАНИЕ:

- двояковыпуклая линза;
- электрическая лампочка (или свеча);
- экран;
- линейка.

### 4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Расположив линзу между окном и экраном, получите на экране резкое изображение какого-либо удаленного предмета (здания за окном, дерева или, в крайнем случае, окна кабинета, или находящейся как можно дальше от вас осветительной лампы).
2. Измерьте расстояние от линзы до полученного изображения. Это и есть (приблизительно) фокусное расстояние  $F$  линзы. Выразите полученный результат в сантиметрах и метрах.
3. Рассчитайте оптическую силу  $D$  линзы. В каких единицах она измеряется?
4. Зажгите свечу. Поместив линзу на середине стола, расположите свечу на таком расстоянии  $d$  от нее, которое превышало бы фокусное более чем в 2 раза ( $d > 2F$ ). Перемещая экран, получите на нем резкое изображение пламени свечи. Измерьте расстояние  $f$  от линзы до изображения.
5. Расположите свечу на таком расстоянии  $d$  от линзы, чтобы  $F < d < 2F$ . Снова получите на экране резкое изображение пламени свечи. Перемещая экран, получите на нем резкое изображение пламени. Измерьте новое расстояние  $f$  от линзы до изображения.
6. Заполните таблицу.

| № | $F$ , м | $d$ , м | $f$ , м | Характер изображения | $D$<br>дптр |
|---|---------|---------|---------|----------------------|-------------|
| 1 |         |         |         |                      |             |
| 2 |         |         |         |                      |             |

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 45/65 |

|   |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|
| 3 |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|

7. Рассчитать оптическую силу  $D$  и фокусное расстояние  $F$  для каждого опыта.

8. Абсолютную погрешность  $\Delta D$  измерения оптической силы линзы вычислить

$$\Delta D = \frac{\Delta d}{d^2} + \frac{\Delta f}{f^2}$$

по формуле: , где  $\Delta d$  и  $\Delta f$  абсолютные погрешности измерения  $d$  и  $f$ . Эти погрешности составляют  $\Delta d = \Delta f = 1,5$  мм. (0,5 мм при определении положения спирали лампочки и плоскости экрана и 1 мм при определении оптического центра линзы.

9. Ответ запишите в виде интервала

$$D_1 - \Delta D_1 < D < D_1 + \Delta D_1$$

$$D_2 - \Delta D_2 < D < D_2 + \Delta D_2$$

$$D_3 - \Delta D_3 < D < D_3 + \Delta D_3$$

10. Можно определить погрешность другим способом.

Найти среднее арифметическое значение  $D_{\text{ср}}$ .

Затем вычислить среднюю арифметическую погрешность  $\Delta D_{\text{ср}}$  по формуле

$$\Delta D_{\text{ср}} = \frac{|D_1 - D_{\text{ср}}| + |D_2 - D_{\text{ср}}| + |D_3 - D_{\text{ср}}|}{3}$$

Найти относительную погрешность  $\varepsilon_D = \Delta D_{\text{ср}} \cdot 100\% / D_{\text{ср}}$ .

Найти среднее значение фокусного расстояния линзы:  $F_{\text{ср}} = 1/D_{\text{ср}}$

Так как относительная погрешность оптической силы линзы равна относительной погрешности определения фокусного расстояния:  $\varepsilon_D = \varepsilon_F$ , то абсолютная погрешность  $\Delta F = F_{\text{ср}} \cdot \varepsilon_D / 100\%$ .

Окончательно  $D = D_{\text{ср}} \pm \Delta D_{\text{ср}}$

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Изменится ли изображение предмета на экране, если половину линзы закрыть светонепроницаемой бумагой?
2. Определить главное фокусное расстояние линз, оптическая сила которых равна 13.3 и 16.6 дптр.
3. Где относительно линзы следует поместить предмет, чтобы получилось мнимое изображение?
4. Определить фокусное расстояние линзы, если радиусы кривизны ее поверхностей равны 4 см и 6 см, а коэффициент преломления материала линзы –

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 46/65 |

1,5.

5. Предмет удален от оптического центра собирающей линзы на 40 см. На экране получилось действительное, равное изображение предмета. Чему равны главное фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

Раздел 3. Тема 3.3 Световые волны. Волновая оптика.

### Лабораторное занятие №19 Изучение дифракции и интерференции света.

**Цель:** наблюдение интерференции и дифракции света и исследование.

**Исходные данные и материалы:** каркас проволочный, сосуд с раствором мыла, лампа накаливания на подставке, стеклянные пластины, СД диск, рамка с вырезом в котором натянута проволока (0,2мм) капроновая ткань.

#### Краткая аннотация.

**Интерференция** - сложение когерентных волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих колебаний в различных точках пространства. Результат интерференции (усиление или ослабление) зависит от угла падения света на пленку, ее толщины и длины волны. Для получения устойчивой интерференционной картины волны должны иметь одинаковую длину и постоянную разность фаз.

**Дифракция** - огибание волнами препятствий. Дифракция присуща любому волновому процессу в той же мере, как и интерференция. Дифракция проявляется особенно отчетливо в случаях, когда размеры препятствий меньше длины волны или сравнимы с ней.

#### Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием.
2. Погрузить проволочный каркас в сосуд с мыльным раствором (для большей прочности пленки в раствор добавляют несколько капель глицерина).
3. Извлечь из раствора проволочный каркас так, чтобы его отверстие оказалось затянутым мыльной пленкой.
4. Рассматривать пленку в отраженном свете.
5. Пронаблюдать интерференционную картину в виде цветных полос.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 47/65 |

6. Зарисовать ее в тетрадь.

7. Получить интерференционную картину от двух сжатых стеклянных пластинок.

**2 способ:** стеклянные пластинки(2шт) чисто протереть, сложить вместе и сжать пальцами.

В результате этого образуется прослойка воздуха разной толщины, т.е. возникают воздушные клинья различной формы, дающие картину интерференции. Если рассматривать пластинки в отраженном свете, то на темном фоне, в некоторых местах наблюдаются яркие, радужные, кольцеобразные или замкнутые неправильной формы кольца или полосы.

Описать интерференционную картину, наблюдаемую от двух сжатых стеклянных пластинок.

#### **Наблюдение дифракции света:**

1. Рамку с нитью расположить на фоне горящей лампы.
2. Удаляя и приближая рамку к глазу, получить дифракционную картину.
3. Описать, что при этом наблюдали?
4. Пронаблюдать дифракционную картину с помощью капроновой ткани.

#### **Выводы по работе.**

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какие волны являются когерентными?
2. В каких случаях волны складываются?
3. Что такое интерференция, дифракция?
4. В каком случае можно наблюдать кольца Ньютона?
5. Какие свойства света доказывают явления интерференции и дифракции?

**Используемая литература: С.В.Степанов. Лабораторные работы (стр43-45).  
Г.Я.Мякишев,  
Б.Б. Буховцев (II ч.стр.189,197-198).**

#### **Лабораторное занятие №20**

#### **Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки**

*Цель работы:* изучение явления дифракции света и использование этого явления для определения длины световой волны в различных частях видимого спектра.

*Приборы и принадлежности:* дифракционная решётка; плоская шкала со щелью и лампа накаливания с матовым экраном, укрепленные на оптической скамье; миллиметровая линейка.

#### **1. ТЕОРИЯ МЕТОДА**

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

Дифракцией волн называется огибание волнами препятствий. Под препятствиями понимаются различные неоднородности, которые волны, в частности, световые, могут огибать, отклоняясь от прямолинейного распространения и заходя в область геометрической тени. Дифракция наблюдается также, когда волны проходят через отверстия, огибая их края. Дифракция заметно выражена, если размеры препятствий или отверстий порядка длины волны, а также на больших расстояниях от них по сравнению с их размерами.

Дифракция света находит практическое применение в дифракционных решётках. Дифракционной решёткой называют всякую периодическую структуру, влияющую на распространение волн той или иной природы. Простейшая оптическая дифракционная решётка представляет собой ряд одинаковых параллельных очень узких щелей, разделённых одинаковыми непрозрачными полосами. Кроме таких прозрачных решёток существуют также отражательные дифракционные решётки, в которых свет отражается от параллельных неровностей. Прозрачные дифракционные решётки обычно представляют собой стеклянную пластинку, на которой алмазом с помощью специальной делительной машины прочерчены полосы (штрихи). Эти штрихи являются почти полностью непрозрачными промежутками между неповреждёнными частями стеклянной пластинки – щелями. Число штрихов, приходящихся на единицу длины, указывается на решётке. Периодом (постоянной) решётки  $d$  называется суммарная ширина одного непрозрачного штриха плюс ширина одной прозрачной щели, как показано на рис. 1, где подразумевается, что штрихи и полосы расположены перпендикулярно плоскости рисунка.

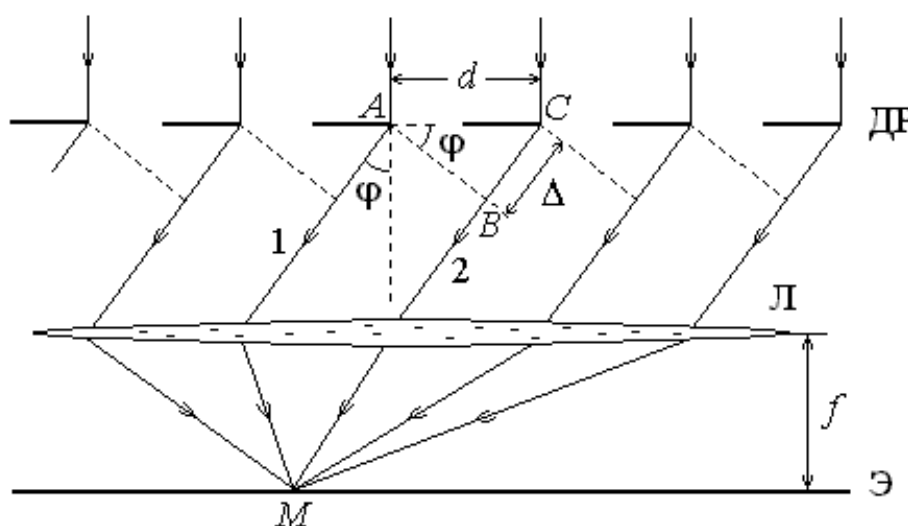


Рис. 1. Прохождение света через дифракционную решетку

ДР: Л – собирающая линза, Э – экран для наблюдения дифракционной картины, М – точка сведения параллельных лучей

Если падающий на решётку свет содержит волны различных длин  $1\lambda, 2\lambda, 3, \dots$ , то по формуле (2) можно подсчитать для каждой комбинации  $k$ , для которых

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 49/65 |

будут наблюдаться главные максимумы интенсивности света.  $\varphi$  свои значения угла дифракции  $\lambda$  и

При  $k = 0$ , т. е. в направлении, строго перпендикулярном плоскости решётки, усиливаются волны всех длин. Это так называемый спектр нулевого порядка. Два знака,  $\pm k \neq 0$  соответствуют двум системам дифракционных спектров, расположенных симметрично по отношению к спектру нулевого порядка, слева и справа от него. При  $k = 1$  спектр носит название спектра первого порядка, при  $k = 2$  получается спектр второго порядка и т. д.

На тёмном фоне можно видеть систему отдельных ярких линий одного цвета, из которых каждая соответствует своему значению  $\lambda$ . Картина, возникающая на экране в случае монохроматического света, т. е. света, характеризуемого одной определённой длиной волны.

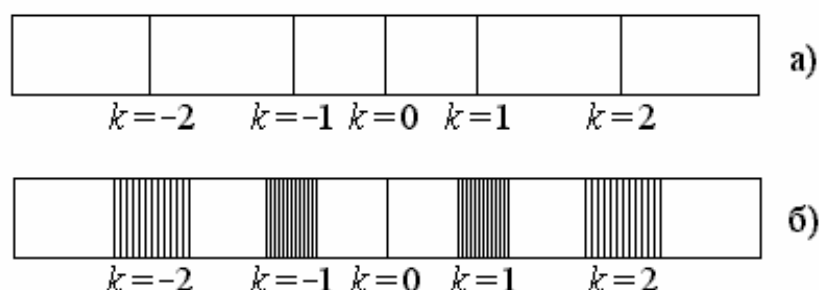


Рис. 2. Вид картины, получаемой с помощью дифракционной решетки:

а) случай монохроматического света, б) случай белого света наблюдается нулевой максимум, являющийся центром дифракционной картины.

При  $k = 1$  по обе стороны от нулевого максимума будут максимумы первого порядка: при  $k = 2$  - максимумы второго порядка и так далее.

Дифракционная картина представляет систему чередующихся светлых и темных полос, расположенных симметрично нулевому максимуму. При освещении дифракционной решетки немонохроматическим светом (например, белым) в фокальной плоскости линзы вместо светлых полос будут видны спектры, разделенные темными промежутками.

Пользуясь выражением (1) можно определить длину световой волны.

Описание установки и метода измерения.

В данной работе с помощью дифракционной решетки определяется длина световых волн, излучаемых обычной лампой накаливания. Прибор (рис. 3) состоит из деревянного бруса (1) прямоугольного сечения, на верхней стороне которого нанесена шкала с миллиметровыми линиями.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 50/65 |

Способность дифракционной решётки разлагать свет в спектр используют на практике для получения и исследования спектров.

Целью данной лабораторной работы является определение длины световых волн в различных областях спектра при помощи дифракционной решётки. Схема установки показана на рис. 4. Роль источника света играет прямоугольное отверстие (щель) А в шкале Шк, освещаемое лампой накаливания с матовым экраном S. Глаз наблюдателя Г, находящийся сзади дифракционной решётки ДР, наблюдает мнимое изображение щели в тех направлениях, в которых световые волны, идущие от различных щелей решётки, взаимно усиливаются, т. е. в направлениях главных максимумов.

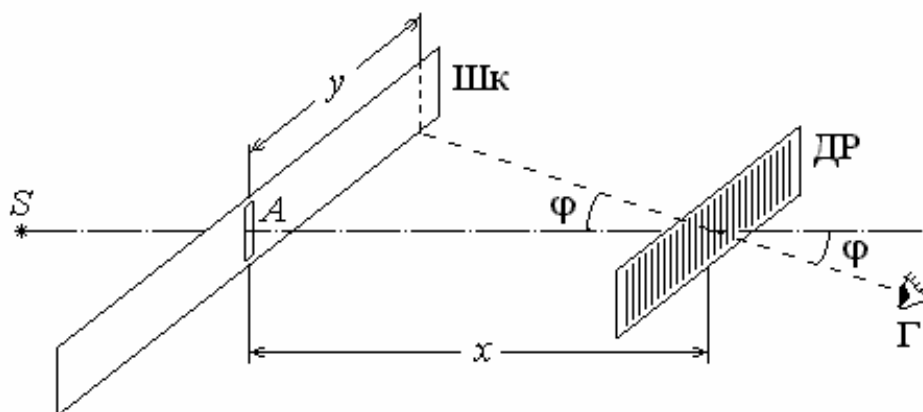


Рис. 4. Схема лабораторной установки

Тогда вместо формулы (2) будем иметь  $d \frac{y}{x} = k\lambda$ , откуда

$$\lambda = \frac{d \cdot y}{k \cdot x} \quad (12)$$

## 2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Установите, как показано на рис. 4, шкалу с отверстием А на один конец оптической скамьи вблизи от лампы накаливания S, а дифракционную решётку – на другой её конец. Включите лампу, перед которой находится матовый экран.
2. Передвигая решётку по скамье, добейтесь, чтобы красная граница правого спектра первого порядка ( $k = 1$ ) совпала с каким-либо целым делением на шкале Шк; запишите его значение  $y$  в табл. 1.
3. Используя линейку, измерьте расстояние  $x$  для этого случая и также занесите его значение в табл. 1.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 51/65 |

4. Прodelайте те же операции для фиолетовой границы правого спектра первого порядка и для середины зелёного участка, расположенного в средней части спектра (в дальнейшем эта середина будет для краткости называться зелёной линией); значения  $x$  и  $y$  для этих случаев также занесите в табл. 1.

5. Аналогичные измерения проделайте для левого спектра первого порядка ( $k=1$ ), заноса результаты измерений в табл. 1.

Учтите, что для левых спектров любого порядка  $k < 0$  и им соответствуют отрицательные значения.

6. Те же самые операции проделайте для красной и фиолетовой границ и для зелёной линии спектров второго порядка; данные измерений занесите в ту же таблицу.

Таблица 1

| Спектр лампы<br>накаливания | $k$ | $x$ , см | $y$ , см | $\lambda_i$ , нм | $\langle \lambda \rangle$ ,<br>нм | $\lambda_{\Delta i} = \langle \lambda \rangle_{\lambda-i}$ , нм | $\langle \Delta \lambda \rangle$ ,<br>нм |
|-----------------------------|-----|----------|----------|------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Красная<br>граница          | 1   | 30       | 2        | 667              | 716                               | 49                                                              | 25                                       |
|                             | 1–  | 27       | 2        | 741              |                                   | 25                                                              |                                          |
|                             | 2   | 27,5     | 4        | 741              |                                   | 25                                                              |                                          |
|                             | 2–  | 28       | 4        | 714              |                                   | 1                                                               |                                          |
| Фиолетовая<br>граница       | 1   | 43       | 2        | 465              | 483                               | 17                                                              | 15                                       |
|                             | 1–  | 42       | 2        | 476              |                                   | 6                                                               |                                          |
|                             | 2   | 39       | 4        | 513              |                                   | 30                                                              |                                          |
|                             | 2–  | 42       | 4        | 476              |                                   | 6                                                               |                                          |
| Зелёная<br>линия            | 1   | 39       | 2        | 513              | 553                               | 40                                                              | 20                                       |
|                             | 1–  | 36       | 2        | 556              |                                   | 3                                                               |                                          |
|                             | 2   | 34       | 4        | 588              |                                   | 35                                                              |                                          |
|                             | 2–  | 36       | 4        | 556              |                                   | 3                                                               |                                          |

### 3. ОБРАБОТКА ОПЫТНЫХ ДАННЫХ

1. По формуле (12) рассчитайте длины волн  $\lambda$  для всех проведённых измерений

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 52/65 |

( $d = 0,01$  см). Внесите их значения в табл. 1.

2. Найдите средние значения длин волн  $\langle \lambda \rangle$  отдельно для красной и фиолетовой границ сплошного спектра и изучаемой зелёной линии, а также средние арифметические ошибки  $\langle \Delta \lambda \rangle$  по формулам  $\lambda$  определения

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad \langle \Delta \lambda \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta \lambda_i|, \quad (13)$$

где  $n = 4$  – число измерений для каждого участка спектра. Занесите величины  $\langle \lambda \rangle$  и  $\langle \Delta \lambda \rangle$  в табл. 1.

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. В чём состоит явление дифракции и когда дифракция наиболее заметно выражена?
2. Что такое дифракционная решётка и для чего подобные решётки используются?
3. Что обычно представляет собой прозрачная дифракционная решётка?
4. Каково назначение линзы, используемой вместе с дифракционной решёткой? Что служит линзой в данной работе?
5. Почему при освещении белым светом в центральной части дифракционной картины возникает белая полоса?
6. Дайте определение разрешающей способности и угловой дисперсии дифракционной решётки.

#### Лабораторное занятие №21

##### Определение импульса и энергии релятивистских частиц (по фотографиям треков заряженных частиц в магнитном поле).

**Цель:** проверьте свои умения применять полученные знания при решении задач.

Воспользуйтесь «инструкцией по чтению треков»:

1. Разная толщина треков частиц указывает на отличие их зарядов или скоростей. Так при одинаковых скоростях трек толще у частицы с большим зарядом, при одинаковых зарядах он толще у частицы с меньшей скоростью.
2. Из последнего следует, что к концу движения трек частицы становится толще, так можно определить направление – откуда и куда двигалась частица.

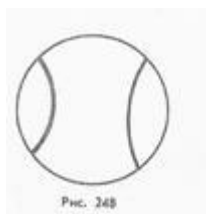
*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 53/65 |

3. Радиус кривизны трека частицы зависит от ее заряда, скорости и массы; он тем меньше, чем меньше масса и скорость и чем больше ее заряд.
4. Направление движения можно определить и по изменению радиуса кривизны – в конце движения он уменьшается, так как уменьшается и скорость частицы.

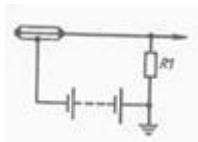
### 1 вариант

1. Где больше длина пробега  $\alpha$ -частицы: у поверхности Земли или в верхних слоях атмосферы?
2. На рисунке 248 показаны треки двух частиц в камере Вильсона. Каков знак заряда частиц, если линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости чертежа и идут от читателя. Одинаковы ли массы частиц?

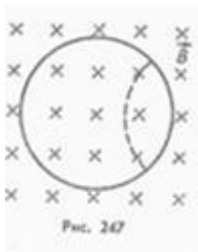


### 2 вариант

1. Какие изменения могут произойти в работе счетчика Гейгера (см. рис), если резистор сопротивлением  $R_1$  заменить другим сопротивлением  $R_2 < R_1$ ?



2. На рисунке 247 изображен трек электрона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. В каком направлении двигался электрон, если линии магнитной индукции поля идут от нас.



Раздел 6. Тема 6.2. Атомная физика.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 54/65 |

## Лабораторное занятие №22 Наблюдение спектров излучение

**Цель:** пронаблюдать линейчатые спектры Н и Не дать характеристику спектров.

**Исходные данные и материалы:** спектральные трубки с Н и Не, источник-спектр 1, источник питания, штатив, соединительные провода.

### Краткая аннотация:

В обычных условиях вещество в газообразном состоянии является изолятором, так как атомы или молекулы, являются нейтральными. Но газ можно сделать проводником при определенном ионизаторе. Прохождение тока через газ называется газовым разрядом.

Явление прохождения электрического тока через газ, наблюдаемое только при условии какого либо внешнего воздействия, называется несамостоятельным.

Явление прохождения через газ электрического тока, не зависящего от действий внешних ионизаторов, называется самостоятельным разрядом.

В зависимости от свойств и состояний газа, характера и расположения электродов, а также от приложенного к электродам напряжение возникают различные виды самостоятельного разряда в газах

При низких давлениях (десятые и сотые доли мм. рт. ст.) в трубке наблюдается тлеющий разряд. При этом вся трубка, за исключением небольшого участка возле катода, заполнена однородным свечением. В зависимости от газа, заполняющего трубку, свечение наблюдается цветным. Такие газоразрядные трубки часто используется для оформления реклам.

### Содержание и порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с приборами и оборудованием.
2. Подключить спектральные трубки к источнику питания спектр-1.
3. Подать напряжение (8В-10В).
4. Наблюдать линейчатые спектры водорода, а затем гелия.
5. Описать цвета спектров водорода и гелия в строгой последовательности.
6. Рассмотреть спектры сквозь грани стеклянной пластины.
7. Зарисовать наиболее яркие линии спектров водорода и гелия.
8. Дать определения всех видов спектров

### Выводы по работе.

### Контрольные вопросы:

1. Что называют газовым разрядом?
2. Какие газовые разряды вы знаете?
3. При каких условиях можно наблюдать коронный разряд?
4. Где можно наблюдать искровой разряд
5. Приведите примеры применений электрических разрядов?

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 55/65 |

**Используемая литература:**  
**Г.Я. Мякишев Б.Б. Буховцев (П ч.стр.331).**

**Лабораторное занятие №23**  
**Исследование треков частиц (по готовым фотографиям).**

**Интегрирующая цель:**

- По завершении работы над учебными элементами необходимо увидеть, какое практическое значение имеют знания, полученные сегодня.
- Знать следующие положения:
  - Существуют устройства, служащие для регистрации элементарных частиц.
  - Принцип действия приборов для регистрации частиц – процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние.
- Уметь: по трекам определять и сравнивать скорость, энергию, массу, заряд элементарных частиц и их отношение.
- В ходе занятий учиться: осуществлять самоконтроль, взаимоконтроль, работать на доверии.
- Соотносить результат своей работы с поставленными целями.

| 1 в. | Входной контроль                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 в. | Входной контроль                                                                                                                                                                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | Что представляют собой $\alpha$ -частицы?                                                                                                                                                                                                                                      | 1.   | Что представляют собой $\beta$ -частицы?                                                                                                                                                                      |
| 2.   | Как называется сила, с которой магнитное поле действует на заряженную частицу? Куда она направлена?                                                                                                                                                                            | 2.   | Как влияет магнитное поле на движение заряженной частицы?                                                                                                                                                     |
| 3.   | Как найти радиус окружности, по которой движется частица в магнитном поле?                                                                                                                                                                                                     | 3.   | Правило левой руки для силы Лоренца.                                                                                                                                                                          |
| 4.   | Электрон, двигаясь со скоростью $3,54 \cdot 10^5$ м/с, попадает в однородное магнитное поле с индукцией $2 \cdot 10^{-5}$ Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции и продолжает двигаться по окружности радиусом 10 см. Определите отношение заряда электрона к его массе. | 4.   | Электрон и протон, двигаясь с одинаковыми скоростями, попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям индукции. Сравните радиусы кривизны $R_e$ и $R_p$ траекторий движения электрона и протона |

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 56/65 |

**Цель:** выяснить, что называют регистрирующим прибором; на чем основан принцип действия приборов для регистрации частиц

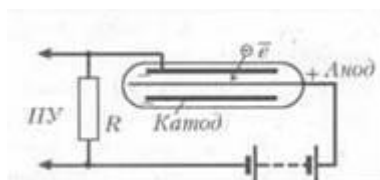
Знать ответы на следующие вопросы:

1. С какими устройствами, которые дают информацию о событиях в микромире, мы познакомимся?
2. Что такое регистрирующий прибор?
3. На чем основан принцип действия приборов для регистрации частиц?
4. Подобно чему устройство, регистрирующее элементарные частицы?
5. Запишите определение регистрирующего прибора и его принцип действия.
6. Начертите таблицу в тетради и по мере знакомства с приборами заполняйте ее.

| Наименование устройства (прибора) | Схематичное изображение устройства | Принцип действия | Результат (что позволяет определить) |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------------|
|                                   |                                    |                  |                                      |
|                                   |                                    |                  |                                      |
|                                   |                                    |                  |                                      |
|                                   |                                    |                  |                                      |

**Цель:** познакомиться с устройством и принципом действия счетчика Гейгера.

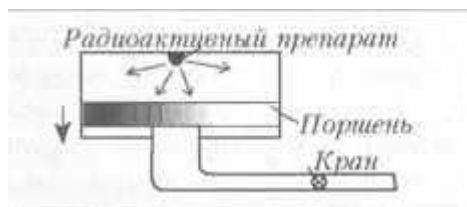
1. Самостоятельно заполните 1 строку в таблице, ответив на вопросы таблицы. Для этого прочитайте про газоразрядный счетчик Гейгера. По рисунку рассмотрите устройство счетчика.
2. Найдите, на чем основано действие прибора, что регистрирует прибор. После изучения материала ответьте устно на вопросы: Почему не регистрируются альфа-частицы с помощью счетчика Гейгера? Какова роль нагрузочного сопротивления  $R$ ?



**Цель:** познакомиться с устройством и принципом действия камеры Вильсона.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 57/65 |

1. Самостоятельно заполните 2 строку в таблице, ответив на вопросы таблицы. Для этого прочитайте о камере Вильсона. По рисунку рассмотрите устройство камеры.



2. Найдите, на чем основано действие прибора и что регистрирует прибор. Обратите внимание, что трек – это след, который оставляют пролетевшие частицы. Обычно треки частиц в камере Вильсона не только наблюдают, но и фотографируют.

**Длина** трека тем больше, чем больше (**энергия**) частицы и чем меньше (**плотность среды**). **Толщина** трека тем больше, чем больше (**заряд**) частицы и чем меньше её (**скорость**). При движении заряженной частицы в магнитном поле трек получается искривлённым, причём **радиус** кривизны трека тем больше, чем больше (**масса**) и (**скорость**) частицы и чем меньше её (**заряд**) и (**модуль индукции**) магнитного поля. Частица движется от конца трека с (**большим**) радиусом кривизны к концу с (**меньшим**) радиусом кривизны. **Радиус** кривизны по мере движения **уменьшается**, т.к. **из-за сопротивления среды (уменьшается)** скорость частицы.

Ответьте на следующие вопросы устно:

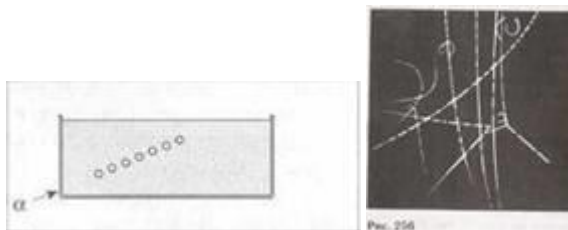
- Что такое трек?
- Какую информацию дают треки?
- Если поместить камеру Вильсона в магнитное поле, что происходит с траекторией движения частицы?
- Какая сила искривляет траекторию частицы?
- Когда трек имеет большую кривизну?
- Что определяют по кривизне трека?
- Можно ли с помощью камеры Вильсона регистрировать незаряженные частицы? Какие характеристики частиц можно определить с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитное поле?

**Цель:** познакомиться с устройством и принципом действия пузырьковой камеры.

1. Самостоятельно заполните 3 строку в таблице, ответив на вопросы таблицы. Для этого прочитайте о пузырьковой камере. По данному рисунку рассмотрите устройство камеры.

2. Определите, на чем основано действие прибора и что регистрирует прибор.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 58/65 |



По фотографии трека различают частицы:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

3. По рисунку рассмотрите треки частиц. Из чего они состоят?

Ответьте на следующие вопросы устно:

1. В чем преимущество пузырьковой камеры перед камерой Вильсона?
2. Что позволяет это наблюдать?

**Цель:** познакомиться с устройством и принципом действия метода фотоэмульсий.



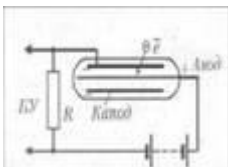
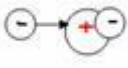
1. Самостоятельно заполните 4 строки в таблице, ответив на вопросы таблицы. Для этого прочитайте о методе толстослойных фотоэмульсий. Рассмотрите устройство и найдите на чем основано действие прибора, и что позволяет определить этот метод.

Ответьте на следующие вопросы устно:

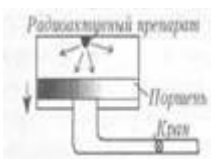
- Что представляет собой фотоэмульсия?
- Как образуется скрытое изображение?
- Как образуется трек частицы?
- В чем преимущество фотоэмульсий?

**Цель:** обобщение и систематизация полученных знаний

Примерное заполнение:

| Наименование устройства (прибора) | Схематичное изображение устройства                                                  | Принцип действия                                                                                          | Результат (что позволяет определить)                                                                |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Счетчик Гейгера                   |  | Ударная ионизация<br> | Автоматический подсчет частиц, регистрации электронов и $\gamma$ -квантов (фотонов большой энергии) |

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 59/65 |

|                     |                                                                                   |                                                                                                               |                                                                                                                                 |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Камера Вильсона     |  | Действие основано на конденсации перенасыщенного пара на ионах с образованием капелек воды                    | Определяется энергия, скорость, $\frac{q}{m}$ , удельный заряд, заряд, масса частиц                                             |
| Пузырьковая камера  |  | Перегретая жидкость под большим давлением закипает по пути следования ионизирующих частиц. След из пузырьков. | Изучение взаимодействия быстрых заряженных частиц с атомными ядрами. Треки – источник информации о поведении и свойствах частиц |
| Метод фото-эмульсий |  | Частица ионизирует атомы брома, восстанавливая ионы серебра. Образуется черный след серебра после проявления. | Определяется энергия, заряд, масса частиц, вид ядерной реакции                                                                  |

**Цель:** проверьте свои умения применять полученные знания при решении задач.

Воспользуйтесь «инструкцией по чтению треков»:

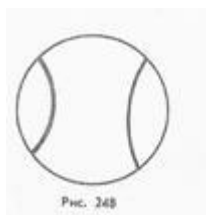
1. Разная толщина треков частиц указывает на отличие их зарядов или скоростей. Так при одинаковых скоростях трек толще у частицы с большим зарядом, при одинаковых зарядах он толще у частицы с меньшей скоростью.
2. Из последнего следует, что к концу движения трек частицы становится толще, так можно определить направление – откуда и куда двигалась частица.
3. Радиус кривизны трека частицы зависит от ее заряда, скорости и массы; он тем меньше, чем меньше масса и скорость и чем больше ее заряд.
4. Направление движения можно определить и по изменению радиуса кривизны – в конце движения он уменьшается, так как уменьшается и скорость частицы.

### 1 вариант

1. Где больше длина пробега  $\alpha$ -частицы: у поверхности Земли или в верхних слоях атмосферы?

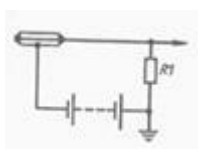
|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 60/65 |

2. На рисунке 248 показаны треки двух частиц в камере Вильсона. Каков знак заряда частиц, если линии магнитной индукции перпендикулярны плоскости чертежа и идут от читателя. Одинаковы ли массы частиц?

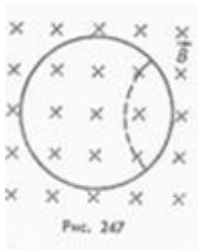


## 2 вариант

1. Какие изменения могут произойти в работе счетчика Гейгера (см. рис), если резистор сопротивлением  $R_1$  заменить другим сопротивлением  $R_2 < R_1$ ?



2. На рисунке 247 изображен трек электрона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. В каком направлении двигался электрон, если линии магнитной индукции поля идут от нас.



Вывод:

## Лабораторное занятие № 24

### Исследование радиоактивного фона с использованием дозиметра

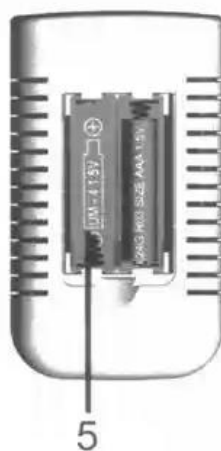
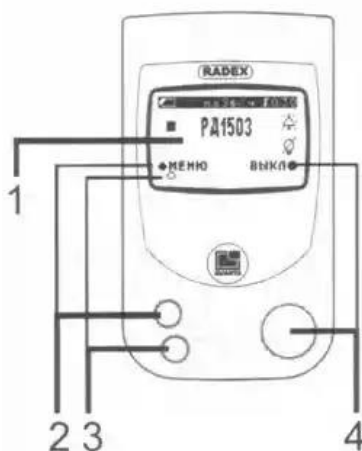
Цель: научиться измерять величину естественного радиационного фона с помощью дозиметра.

Оборудование: прибор – индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503.

Описание устройства и действия прибора:

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 61/65 |

На рисунке представлен внешний вид индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503, который предназначен для обнаружения и оценки уровня ионизирующего излучения. На передней и задней панели прибора находятся:



1. ЖК – дисплей.

2. Кнопка «МЕНЮ» и её пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет три функции:

«МЕНЮ», «ВЫБОР», «ИЗМЕН».

3. Кнопка «КУРСОР» и её пиктограмма на дисплее. Кнопка используется в меню для перемещения курсора.

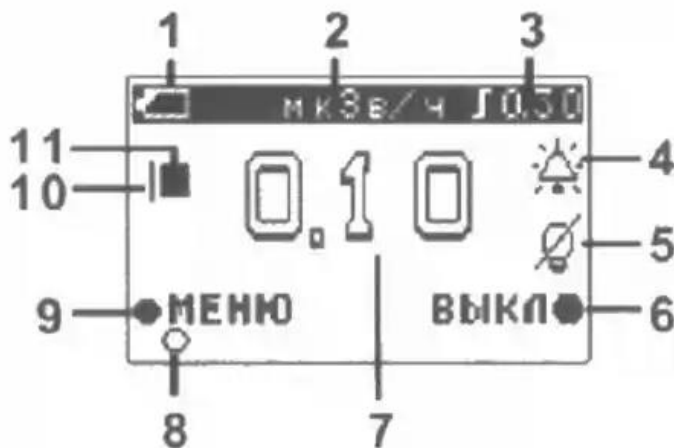
4. Кнопка «ВЫКЛ» и её пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет четыре

функции: включение изделия, включение подсветки ЖК-дисплея, возврат в меню, выключение изделия.

5. Батарейный отсек.



### ЖК – Дисплей



1. Пиктограмма состояния элемента питания.

МКЗВ/Ч  
МКР/Ч

2. Размерность:

микроЗиверт в час

Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 62/65 |



микроРентген в час.

3. Пиктограмма порога звукового сигнала.



Для размерности мкЗв/ч: 0,30 мкЗв/ч;



Для размерности мкР/ч: 30 мкР/ч;



при отключенном пороге.

4. Пиктограмма настройки звонка.

5. Пиктограмма настройки подсветки.

6. Функция кнопки «ВЫКЛ».

7. Результат наблюдений (в мкЗв/ч или мкР/ч)

8. Функция кнопки «КУРСОР».

9. Функция кнопки «МЕНЮ».

10. Пиктограмма отображает количество выполненных циклов наблюдения.



соответствует первому короткому циклу наблюдения;



соответствует второму короткому циклу наблюдения;



соответствует третьему короткому циклу наблюдения;



соответствует одному циклу наблюдения;



соответствует двум циклам наблюдения;



соответствует трем циклам наблюдения;



соответствует четырем и более циклам наблюдения.

11. Индикация зарегистрированной частицы.

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 63/65 |

Теоретические обоснования.

Основную часть облучения население земного шара получает от естественных источников радиации. Большинство из них таковы, что избежать облучения от них совершенно невозможно. Человек подвергается облучению двумя способами. Радиоактивные вещества могут находиться вне организма и облучать его снаружи (внешнее облучение). В случае если радиоактивные вещества оказываются в воздухе, в пище или в воде они могут попасть внутрь организма человека. Такой способ облучения называют внутренним. Основными видами ионизирующих излучений, с которыми встречаются в настоящее время организмы, являются  $\alpha$ -частицы,  $\beta$ -частицы,  $\gamma$ -кванты, рентгеновское излучение. Прибором РАДЭКС РД 1503 оценивает радиационную обстановку по величине мощности дозы с учетом рентгеновского излучения с помощью счетчика Гейгера-Мюллера в течение 40 сек и индуцирует показания в мкЗв/ч или мкР/ч на жидкокристаллическом дисплее. Регистрация каждой частицы сопровождается звуковым сигналом, что позволяет использовать данный прибор при поиске загрязненных радиоактивными веществами участков.

### Указания к работе.

1. Подготовьте прибор (индикатор радиоактивности)
2. Проведите замер радиационной обстановки
3. Повторите п.2 еще два раза и запишите полученные значения в тетрадь
4. Подсчитайте среднее значение
5. Полученные результаты запишите в таблицу:

| № п/п | Величины Д<br>(мкР/ч) | Среднее значение Д<br>(мкР/ч) |
|-------|-----------------------|-------------------------------|
| 1     |                       |                               |
| 2     |                       |                               |
| 3     |                       |                               |

Контрольные вопросы:

- Какое радиоактивное излучение обладает самой большой проникающей способностью?
- Минимальной проникающей способностью?
- Чему (в рентгенах) равен естественный фон радиации?
- Какие существуют способы защиты от воздействия радиоактивных частиц и излучений?

Дозиметр радиации бытовой РАДЭКС РД 1503

*Документ управляется программными средствами 1С Колледж  
Проверь актуальность версии по оригиналу, хранящемуся в 1С Колледж*

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 64/65 |



Дозиметр Радэкс РД 1503 разрабатывался с учетом того, что прибор будет использоваться не только обученным персоналом, но и обычными людьми, далекими от специальных знаний такого оборудования. Портативный бытовой дозиметр индивидуального использования Радэкс РД 1503 не уступает по своим техническим характеристикам более дорогим моделям дозиметров.

### **Как работает дозиметр радиации Радэкс РД 1503**

Дозиметр определяет количество гамма- и бета-частиц посредством устройства, которое называется счетчик Гейгера - Мюллера. Измерение и обработка полученной информации происходит в течение 40с. За это время показания индицируются в мкЗв/час или мкР/час и выводятся на жидкокристаллический дисплей, которым оснащен дозиметр. Регистрация каждой частицы сопровождается звуковым сигналом, что позволяет реализовать режим "Поиск".

### **Технические характеристики бытового дозиметра**

Время наблюдения, с, -  $40 \pm 0.5$

Индикация показаний - непрерывно

Диапазон показаний мощности амбиентного эквивалента дозы, мкЗв/ч, от - 0.05 до 9.99

Диапазон показаний мощности экспозиционной дозы, мкР/ч, от - 5 до 999

Диапазон энергий гамма-излучения, МэВ, от - 0,1 до 1,25

Воспроизводимость показаний (при доверительной вероятности 0.95), где Р - мощность дозы в мкЗв/ч, % -  $15+6/P$

Уровни звуковой сигнализации, мкЗв/ч - 0.30, 0.60, 1.20 (мкР/ч 30, 60, 120)

Габаритные размеры (высота x ширина x толщина, не более, мм) - 105x60x26

Масса изделия (без элементов питания), не более, кг - 0,09

Элемент питания типа "ААА", шт – 2

|                       |                            |          |
|-----------------------|----------------------------|----------|
| МО-09 02 07-ООД.11.ЛЗ | КМРК БГАРФ ФГБОУ ВО «КГТУ» |          |
|                       | ФИЗИКА                     | С. 65/65 |

### **Литература:**

1. Изергин, Э. Т. Физика: 10 класс: учебник / Э. Т. Изергин. - Москва: Русское слово, 2021.
2. Изергин, Э. Т. Физика: 11 класс: учебник / Э. Т. Изергин. - Москва: Русское слово, 2021. - 221 с.
3. Логвиненко, О. В. Физика + eПриложение: учебник / О. В. Логвиненко. - Москва: КноРус, 2022. - 341 on-line. - (Среднее проф. образование).
4. Трофимова, Т. И. Краткий курс физики с примерами решения задач: учебник / Т. И. Трофимова. - Москва: КноРус, 2023.