

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Энгельсский технологический институт (филиал)

РАССМОТРЕНО

Предметно-цикловой методической  
комиссией общеобразовательных,  
СГ дисциплин, технологического  
профиля  
протокол № 11 от 25.06.2024

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по СПДО

Коваленко



О.Г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к выполнению лабораторных занятий учебной дисциплины**

**ОД.13 ФИЗИКА**

специальность


09.02.07 Информационные системы и программирование

Энгельс 2024

## РАССМОТРЕНО

на заседании ПЦМК  
общеобразовательных, СГ дисциплин,  
технологического профиля

Председатель ПЦМК

 /Т.В. Семенова  
Подпись Ф.И.О.

Протокол № 11

от «25» июня 2024 г.

## РЕКОМЕНДОВАНО

Ученым Советом ЭТИ (филиал) СГТУ имени  
Гагарина Ю.А.

к использованию в учебном процессе

Протокол №9

от «26» июня 2024 г.

## ОРГАНИЗАЦИЯ - РАЗРАБОТЧИК:

Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский  
государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

**РАЗРАБОТЧИК:** к.т.н., доцент., Абрамов С.С. преподаватель ОСПДО ЭТИ (филиал) СГТУ  
имени Гагарина Ю.А.

## Пояснительная записка

Методические указания к выполнению лабораторных работ разработаны в соответствии с рабочей программой общеобразовательной дисциплины ОД.13 «Физика» для профессиональных образовательных организаций, По учебному плану в соответствии с рабочей программой общеобразовательной дисциплины ОД.13 «Физика» специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование процессов и производств (по отраслям) предусмотрено 180 аудиторных часов, из них лабораторных работ – 34 часа.

В методические указания включены 17 лабораторных работ по темам курса. Каждая лабораторная работа содержит сведения о цели его проведения и практическом использовании результатов исследования, необходимые для проведения работы, включает краткие теоретические сведения, этапы выполнения, контрольные вопросы и перечень необходимых информационных источников.

Целью лабораторных работ является углубленное изучение теории, овладение практическими навыками и выработка самостоятельного творческого мышления.

Лабораторные работы общеобразовательной дисциплины ОД.13 «Физика» специальности 09.02.07 Информационные системы и программирование наряду с другими учебными дисциплинами обеспечивает формирование общих и профессиональных компетенций:

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

ОК 02. Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовой грамотности в различных жизненных ситуациях;

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

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;

ПК 2.1. Осуществлять выбор оборудования и элементной базы систем автоматизации в соответствии с заданием и требованием разработанной технической документации на модель элементов систем автоматизации.

ПК 2.3 Проводить испытания модели элементов систем автоматизации в реальных условиях с целью подтверждения работоспособности и возможной оптимизации.

ПК 3.2 Организовывать материальнотехническое обеспечение работ по монтажу, наладке и техническому обслуживанию систем и средств автоматизации.

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен знать:**

- смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения;
- смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия, внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд;
- смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта;
- вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;

В результате освоения дисциплины обучающийся **должен уметь:**

- проводить наблюдения, планировать и выполнять эксперименты,
- выдвигать гипотезы и строить модели,
- применять полученные знания по физике для объяснения разнообразных физических явлений и свойств веществ;
- практически использовать физические знания;
- оценивать достоверность естественно-научной информации;
- использовать приобретенные знания и умения для решения практических задач повседневной жизни, обеспечения безопасности собственной жизни, рационального природопользования и охраны окружающей среды.
- описывать и объяснять физические явления и свойства тел: свойства газов, жидкостей и твердых тел; электромагнитную индукцию, распространение электромагнитных волн; волновые свойства света; излучение и поглощение света атомом; фотоэффект;
- отличать гипотезы от научных теорий;
- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры, показывающие, что: наблюдения и эксперимент являются основой для выдвижения гипотез и теорий, позволяют проверить истинность теоретических выводов; физическая теория дает возможность объяснять известные явления природы и научные факты, предсказывать еще неизвестные явления;
- приводить примеры практического использования физических знаний: законов механики, термодинамики и электродинамики в энергетике; различных видов электромагнитных излучений для развития радио и телекоммуникаций, квантовой физики в создании ядерной энергетики, лазеров;
- воспринимать и на основе полученных знаний самостоятельно оценивать информацию, содержащуюся в сообщениях СМИ, Интернете, научно-популярных статьях.
- применять полученные знания для решения физических задач;
- определять характер физического процесса по графику, таблице, формуле \*;

измерять ряд физических величин, представляя результаты измерений с учетом их погрешностей.

#### Лабораторные работы

Номер и тема раздела	Номер лабораторной работы	Наименование темы лабораторной работы	Количество аудиторных часов
<b>Раздел №2. Молекулярная физика и термодинамика</b>			
<b>Тема 2.1 Основы молекулярно-кинетической теории</b>	Лабораторная работы № 1	Изучение изопроцесса при ( $T = \text{const}$ )/ Закон Бойля-Мариотта	2
<b>Тема 2.3 Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы</b>	Лабораторная работа № 2	Определение влажности воздуха	2
	Лабораторная работа № 3	Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости	2
<b>Раздел № 3. Электродинамика</b>			
<b>Тема № 3.1 Электрическое поле</b>	Лабораторная работа № 4	Определение электрической емкости конденсатора	2
<b>Тема № 3.2 Законы постоянного тока</b>	Лабораторная работа № 5	Определение удельного сопротивления проводника.	2
	Лабораторная работа № 6	Определение коэффициента термического сопротивления меди	2
	Лабораторная работа № 7	Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока	2
	Лабораторная работа № 8	Изучение законов последовательного и параллельного соединения проводников	2
	Лабораторная работа № 9	Исследование зависимости мощности лампы накаливания от напряжения на ее зажимах	2
	Лабораторная	Определение КПД электроплитки	2

	работа № 10		
<b>Тема № 3.3</b> <b>Электрический ток в</b> <b>различных средах</b>	Лабораторная работа № 11	Определение электрохимического эквивалента меди	2
<b>Тема № 3.5</b> <b>Электромагнитная</b> <b>индукция</b>	Лабораторная работа № 12	Изучение явления электромагнитной индукции.	2
<b>Тема № 4.2</b> <b>Электромагнитные</b> <b>колебания и волны</b>	Лабораторная работа № 13	Изучение работы трансформатора	2
<b>Раздел № 5. Оптика</b>			
<b>Тема № 5.1 Природа</b> <b>света</b>	Лабораторная работа № 14	Определение показателя преломления стекла	2
<b>Тема № 5.2 Волновые</b> <b>свойства света</b>	Лабораторная работа № 15	Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки	2
	Лабораторная работа № 16	Наблюдение сплошного и линейного спектров	
<b>Раздел № 7. Строение</b> <b>Вселенной</b>	Лабораторная работа № 17	Изучение карты звездного неба	2
<b>Всего</b>			34

# Лабораторная работа № 1

## Изучение изопроцесса при $T = \text{const}$

### (Закон Бойля-Мариотта)

**Цель работы:** Экспериментальная проверка соотношения  $pV = \text{const}$ . Научиться определять объем и давление газа с помощью прибора для изучения газовых законов. С этой целью изучите теорию рассматриваемого вопроса, соберите установку и экспериментально проверьте основные теоретические выводы

**Оборудование:** 1 Сильфон 2 Мановакуумметр 3 Резиновый шланг 4 Термометр

### Краткая теория

Состояние данной массы газа характеризуется тремя величинами (параметрами): объемом  $V$ , давлением  $p$  и термодинамической температурой  $T$ . В природе и технике, как правило, происходят изменения всех величин одновременно, но при этом соблюдается закономерность, выраженная уравнением - (1) состояния газа:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{p V}{T} \quad (1)$$

при  $m = \text{const}$ .

Для данной массы газа произведение объема на давление, деленное на термодинамическую температуру, есть величина постоянная. Проверить эту зависимость экспериментально можно, используя прибор для изучения газовых законов (рис.1). Прибор состоит из металлического гофрированного цилиндра переменного объема (сильфона) 1, манометра 2 и резинового шланга 3. Прикреплённая к сильфону демонстрационная шкала 4 позволяет измерять объем цилиндра в условных единицах.

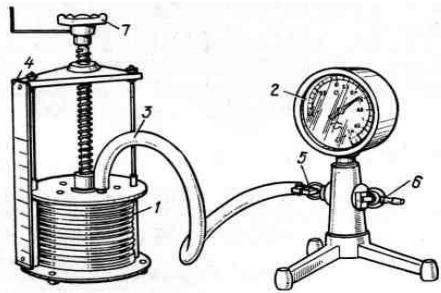


Рисунок 1 – Прибор для изучения газовых законов

Закон Бойля – Мариотта для изотермического процесса, т.е. процесса, протекающего при постоянной температуре ( $T_1 = T_2$ ), является частным случаем объединенного газового закона – (2):

$$p_1 V_1 = p_2 V_2, \text{ или } \frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \quad (2)$$

Можно сказать, что давление данной массы газа при постоянной температуре является обратно пропорционально его объёму. Как и другие физические законы, закон Бойля – Мариотта является приближённым. При давлениях, в несколько сотен раз больших атмосферного, отклонения от этого закона становятся существенными.

Давление газа зависит от числа ударов молекул о стенку сосуда. Число ударов прямо пропорционально числу молекул в единице объёма (концентрации  $n$ ). При уменьшении

объёма газа концентрация увеличивается, так как  $n = \frac{N}{V}$ , где N –число молекул в сосуде.

Давление пропорционально концентрации и, следовательно, обратно пропорционально объёму:  $p = n \approx \frac{1}{N}$ . Так и должно быть согласно закону Бойля – Мариотта.

### Методические рекомендации

1. Цилиндр изготовлен из тонкой фольги, поэтому не следует допускать при работе резких движений сильфона, не следует слишком сжимать и растягивать его
2. По шкале манометра определяется разность давлений воздуха атмосферного и находящегося в сильфоне
3. Поскольку манометр измеряет давление газа в атмосферах (атм), а барометр – в мм.рт.ст., пересчитать давления в паскалях (Па), учитывая, что 1 мм.рт.ст. = 133 Па, 1 атм =  $10^5$  Па

### Ход работы

- 1 Соединить сильфон с мановакуумметром при помощи резинового шланга
- 2 Определить цену деления измерительных приборов
- 3 Открыть у мановакуумметра краны. Вращением винта сильфона установить верхнюю крышку цилиндра таким образом, чтобы давление было равным одной атмосфере. Затем перекрыть кран (доступа воздуха нет)
- 4 Уменьшить объем на 2-3 условные единицы объема
- 5 Замерить давление
- 6 Прodelать опыт еще 2-3 раза
- 7 Уменьшить объем до 5 условных единиц, замерить давление (прodelать опыт 2-3 раза)
- 8 Данные опытов записать в таблицу №1
- 9 Перевести значения V и p в системные единицы

- 10 Вычислить относительную погрешность по формуле  $\varepsilon = \frac{C_{cp} - C}{C_{cp}} 100\%$

- 11 Сделайте вывод по прodelанной работе.

**Таблица №1**

Температура	Термодинамическая температура	Объём	Давление	Постоянная $C=pV$ ,	Объём	Давление	Постоянная $C=pV$ ,	Среднее значение постоянно	Относительная погрешность
t, °C	T, K	V, усл. ед	p, $\frac{кгс}{см^2}$	$\frac{кгс \cdot усл. ед}{см^2}$	V, м <sup>3</sup>	p, Па	Пам <sup>3</sup>	C <sub>ср</sub> , Пам <sup>3</sup>	ε, %
1									
..									
10									

### Контрольные вопросы



- 1 Объяснить сущность закона Бойля – Мариотта, пользуясь молекулярно кинетической теорией
- 2 Для изотермического процесса построить график зависимости в системах координат  $pV$ ,  $pT$  и  $VT$
- 3 Производит ли газ давление в состоянии невесомости?
- 4 Определить массу 10 л воздуха, находящегося при температуре 293 К под давлением 20 атм.
- 5 Какие причины влияют на точность определения постоянной  $C$ ?
- 6 Изменится ли найденное значение  $C$ , если опыт проводить с другой массой газа?
- 7 При каком условии справедлив закон Бойля – Мариотта?
- 8 Можно ли с помощью прибора для данной работы проверить зависимость между параметрами газа для изохорного и изобарного процессов? Как это осуществить?

#### **Информационные источники:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.115-117.

### **Лабораторная работа № 2** **Определение влажности воздуха**

**Цель работы:** Научиться определять относительную влажность воздуха с помощью гигрометра и психрометра. С этой целью изучите теорию рассматриваемого вопроса, соберите установку и экспериментально проверьте основные теоретические выводы

**Оборудование:** 1 Гигрометр-особой конструкции, сосуд с зеркальной поверхностью, груша, термометр

2 Психрометр

3 Гигрометр волосной

#### **Краткая теория**

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

Абсолютная влажность  $\rho_a$  определяется массой водяного пара, содержащегося в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, т.е. плотностью водяного пара при данной температуре.

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

Относительная влажность  $\varphi$  показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности  $\rho_n$  водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} 100\% .$$

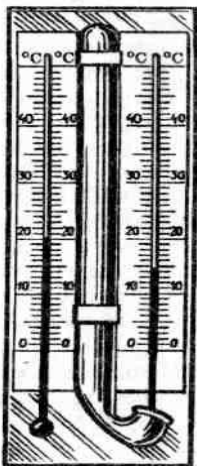


Рисунок 2 -  
Психрометр

**Психрометр** состоит из двух термометров. Резервуар одного из них остаётся сухим, и термометр показывает температуру воздуха. Резервуар другого окружён полоской ткани, конец которой опущен в воду. Вода испаряется, и благодаря этому термометр охлаждается. Чем больше относительная влажность воздуха, тем менее интенсивно идёт испарение и тем меньше разность показаний термометра, окружённого полоской влажной ткани, и сухого термометра. При относительной влажности, равной 100%, вода вообще не будет испаряться и показания обоих термометров будут одинаковы. При разности температур термометров с помощью специальных таблиц, называемых психрометрическими, можно определить относительную влажность воздуха.

Психрометрами обычно пользуются в тех случаях, когда требуется достаточно точное и быстрое определение влажности воздуха.

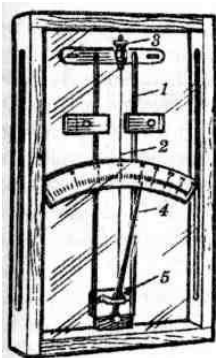


Рисунок 3-Гигрометр

Действие гигрометра другого типа – **волосного** – основано на свойстве обезжиренного человеческого волоса удлиняться при увеличении относительной влажности. При помощи волосного гигрометра можно непосредственно измерять относительную влажность воздуха. Его устройство видно на рисунке 3. Между двумя металлическими стойками 1 укреплен человеческий волос 2. Один конец волоса закреплен на верхнем штифте, которым можно с помощью гайки 3 регулировать натяжение волоса. Другой конец волоса нагружен небольшой гирькой и перекинут через блок 5, на котором укреплена стрелка 4 с противовесом. При изменении влажности воздуха длина волоса изменяется (увеличивается при увеличении влажности и уменьшается при её уменьшении), и стрелка по шкале указывает относительную влажность воздуха в процентах.

Волосной гигрометр применяют в тех случаях, когда в определении влажности воздуха не требуется большой точности.

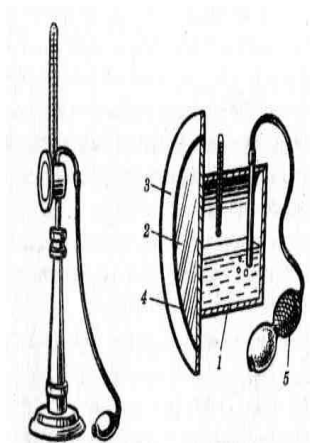


Рисунок 4-  
Конденсационный  
гигрометр

Точку росы определяют с помощью прибора, называемого **конденсационным гигрометром**. Точку росы определяют с помощью прибора, называемого конденсационным гигрометром. Внешний вид этого прибора и его разрез показан на рисунке 4. Гигрометр представляет собой металлическую коробку 1, передняя стенка 2 которой хорошо отполирована. Коробка окружена полированным кольцом 3, отделённым от неё теплоизолирующей прокладкой 4. Коробка соединена с резиновой грушей 5. Внутри коробки наливают легко испаряющуюся жидкость – эфир и вставляют термометр. Продувая через коробку воздух с помощью груши, вызывают сильное испарение эфира и быстрое охлаждение коробки. По термометру замечают температуру, при которой появляются капельки росы на полированной поверхности стенки 2. Это и есть точка росы, так как появление росы указывает, что водяной пар стал насыщенным.

Определение точки росы – наиболее точный способ измерения относительной влажности.

### Методические рекомендации

- 1 Для более тщательного определения момента появления росы перед работой тщательно протереть тканью полированное дно и кольцо гигрометра до полного блеска, а перед наблюдением установить прибор под углом 30 - 40° к лучу зрения.
- 2 Камеру наполнять эфиром с таким расчётом, чтобы шарик термометра был полностью погружён в эфир и в тоже время эфир не расплёскивался при продувании воздуха.
- 3 Сразу после окончания работы с гигрометром тщательно проветрить помещение.
- 4 В формуле вместо плотности можно взять давление насыщенных паров при комнатной температуре и температуре при точке росы.

## Ход работы

### 1 Работа с гигрометром

1. Измерить температуру окружающего воздуха.
2. Наполнить камеру гигрометра летучей жидкостью (диэтиловым эфиром 3-4 см).
3. Установить термометр в камеру гигрометра.
4. При помощи груши продуть воздух через эфир и внимательно следить за полированной поверхностью стенки камеры, сравнивая с поверхностью кольца. Заметив появление росы (начало запотевания), записать температуру.
5. По таблице определить плотность пара соответственно при температуре точки росы и комнатной.
6. Вычислить относительную влажность.
7. Результаты измерений, вычислений и табличные данные записать в таблицу № 2

### 2 Работа с психрометром

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить её.
2. Определить температуру сухого термометра.
3. Определить температуру смоченного термометра.
4. Пользуясь психрометрической таблицей №4 определить относительную влажность.
5. Результаты измерений записать в таблицу №3

### 3 Работа с волосным гигрометром

1. Расположить гигрометр вертикально. Отвести стрелку, расположив её над шкалой.
2. По шкале определить относительную влажность, выраженную в %.
3. Результат записать в отчете.
4. Отвести стрелку влево и заложить ей под шкалу.

### 5 По проделанной работе сделать вывод.

Таблица №2

ГИГРОМЕТР				
Заданные условия		Точка росы		
Температура	Плотность насыщающих паров	Температура	Плотность насыщающих паров	Относительная влажность воздуха
$t, ^\circ\text{C}$		$t, ^\circ\text{C}$		$\phi, \%$
	$\rho_n, 10^{-3} \text{ кг/м}^3$		$\rho_n, 10^{-3} \text{ кг/м}^3$	

Таблица №3

ПСИХРОМЕТР			
Показания термометров		Разность показаний термометров	Относительная влажность воздуха
Сухой	Смоченный		
$t, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	$t_c - t_{cm}$	$\phi, \%$

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Таблица №4 Давление насыщенных водяных паров и их плотность при различных температурах

t, °C	p <sub>н</sub> , кПа	ρ, 10 <sup>-3</sup> кг/м <sup>3</sup>	t, °C	p <sub>н</sub> , кПа	ρ, 10 <sup>-3</sup> кг/м <sup>3</sup>
-10	0,260	2,14	16	1,813	13,6
-5	0,401	3,24	17	1,933	14,5
-4	0,437	3,51	18	2,066	15,4
-3	0,476	3,81	19	2,199	16,3
-2	0,517	4,13	20	2,333	17,3
-1	0,563	4,47	21	2,493	18,3
0	0,613	4,80	22	2,639	19,4
1	0,653	5,20	23	2,813	20,6
2	0,706	5,60	24	2,986	21,8
3	0,760	6,00	25	3,173	23,0
4	0,813	6,40	26	3,359	24,4
5	0,880	6,80	27	3,559	25,8
6	0,933	7,30	28	3,786	27,2
7	1,000	7,80	29	3,999	28,7
8	1,066	8,30	30	4,239	30,3
9	1,146	8,80	40	7,371	51,2
10	1,226	9,40	50	12,33	83,0
11	1,306	10,0	60	19,92	130,0
12	1,399	10,7	80	47,33	293
13	1,492	11,4	100	101,3	598
14	1,599	12,1	120	198,5	1123
15	1,706	12,8	160	618,0	3259

Таблица №5 Психрометрическая таблица

Показания сухого термометр а		Разность показаний сухого и влажного термометров											
	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
273	0	100	82	63	45	28	11	-	-	-	-	-	-
274	1	100	83	65	48	32	16	-	-	-	-	-	-
275	2	100	84	68	51	35	20	-	-	-	-	-	-

276	3	100	84	69	54	39	24	10	-	-	-	-	-
277	4	100	85	70	56	42	28	14	-	-	-	-	-
278	5	100	86	72	58	45	32	19	6	-	-	-	-
279	6	100	86	73	60	47	35	23	10	-	-	-	-
280	7	100	87	74	61	49	37	26	14	-	-	-	-
281	8	100	87	75	63	51	40	28	18	7	-	-	-
282	9	100	88	76	64	53	42	31	21	11	-	-	-
283	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	-	-
284	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8	-	-
285	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	-	-
286	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	-
287	14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	-
288	15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
289	16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8
290	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
291	18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13
292	19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
293	20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
294	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
295	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
296	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
297	24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
298	25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
299	26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29
300	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
301	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
302	29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
303	30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

### Контрольные вопросы

- 1 Какую величину измеряют с помощью психрометра?
- 2 Как изменится разность показаний сухого и влажного термометров психрометра с увеличением относительной влажности?
- 3 В герметически закрытом сосуде находятся вода и водяной пар. Как изменится концентрация молекул водяного пара при нагревании сосуда?

### Информационные источники:

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

### Лабораторная работа №3

#### Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости

**Цель работы:** научиться определять коэффициент поверхностного натяжения жидкости различными методами.

#### Оборудование:

1. Бюретка с краном.
2. Сосуд с водой.
3. Сосуд для сбора капель.
4. Капиллярные трубки.
5. Масштабная линейка.
6. Миллиметровая бумага.

#### Теория

Молекулы в жидкости расположены на расстояниях, при которых проявляется действие их сил взаимного притяжения к друг другу. Потенциальная энергия взаимодействия молекул жидкости примерно равна их кинетической энергии. В расположении молекул жидкости имеется *ближний порядок* - упорядоченное расположение ее молекул в небольшом объеме. Каждая молекула жидкости колеблется около положения равновесия  $10^{-11}$ с, из которого скачком переходит к новому положению равновесия. Расстояния между молекулами жидкости сравнимы с диаметром молекул.

Основные свойства жидкости: имеет собственный объем, текучесть, хрупкость, практически не сжимается, на границе с газом образует свободную поверхность. Большинство свойств жидкого состояния вещества ближе к свойствам твердого состояния, чем к свойствам газообразного.

#### *Поверхностное натяжение.*

Внутри жидкости ( см. рис. 1 ) силы притяжения на одну молекулу  $M_1$  со стороны соседних с ней молекул, взаимно компенсируются. На молекулы поверхностного слоя жидкости  $M_2$  действуют неуравновешенные силы притяжения к молекулам, расположенным внутри жидкости. Наличие этих сил приводит к поверхностному натяжению.

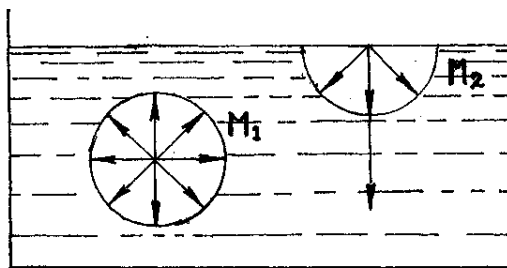


Рис.1

Поверхностное натяжение измеряется силой  $F$ , приходящейся на единицу длины контура  $l$ , ограничивающего эту поверхность, и действующей по касательной к этой поверхности. Сила поверхностного натяжения  $F$  стремится сократить площадь

свободной поверхности жидкости до минимума.

$$F = \sigma \cdot l \quad (1)$$

где  $\sigma = F/l$  - коэффициент поверхностного натяжения жидкости (в н/м).

При сокращении площади свободной поверхности жидкости совершается работа:

$$A = \sigma \cdot \Delta S \quad (2)$$

где  $\sigma = A/\Delta S$

### **Методы определения коэффициента поверхностного натяжения Метод отрыва капли.**

Опыт осуществляют при помощи установки ( см. рис.2 ). Установка для определения коэффициента поверхностного натяжения состоит из штатива, на котором установлена бюретка с исследуемой жидкостью. Бюретка (от англ. burette) — тонкая проградуированная стеклянная трубка ёмкостью обычно 50 мл, открытая на одном конце и снабжённая стеклянным или тефлоновым запорным краном на другом. Предназначена для точного измерения небольших объемов жидкости. Крупные деления нанесены через каждый миллилитр, а мелкие — через 0,1 мл. На конце бюретки находится наконечник-трубка, в которой находится исследуемая жидкость.

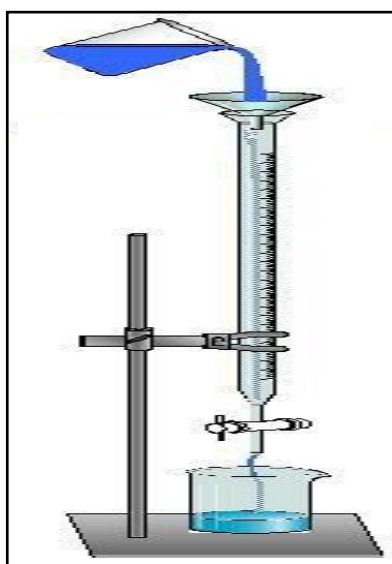


Рис. 2

Открывая кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести её  $P=mg$  равна силе поверхностного натяжения  $F$ ,



граница свободной поверхности- окружность шейки капли,  $P=F$ . Следовательно,  $F=m_{\text{кап}}g$ , поэтому  $\sigma=m_{\text{кап}}g/d$ . Опыт показывает, что  $d_{\text{кап}}=0,9d$ , где  $d$ -диаметр канала узкого конца бюретки.

### Метод подъема воды в капиллярах

Капиллярными явлениями называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра – капиллярах(см. рис.3). Смачивающие жидкости поднимаются по капиллярам, не смачивающие – опускаются. Подъем жидкости в капилляре продолжается до тех пор, пока сила тяжести действующая на столб жидкости в капилляре, не станет равной по модулю результирующей  $F_n$  сил поверхностного натяжения, действующих вдоль границы соприкосновения жидкости с поверхностью капилляра:  $F_t = F_n$ , где  $F_t = mg = \rho h \pi r^2 g$ ,  $F_n = \sigma 2\pi r$ . Отсюда следует:  $h=2\sigma/\rho r g$ .

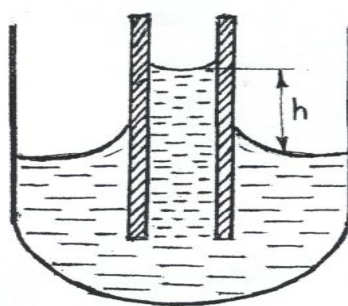


Рис.3

### Порядок выполнения работы

#### Опыт - 1

1. Собрать установку и наполнить бюретку водой
2. Измерить диаметр канала узкого конца бюретки.
3. Определить по шкале бюретки начальный объем воды  $V_1$  в мл ( $1\text{мл}=10^{-6}\text{ м}^3$ ).
4. Поставить под бюретку сосуд, наполнить ее водой и, плавно открывая кран, добиться медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2с.)
5. Отсчитать 20-40 капель.
6. Определить конечный объем воды в бюретке  $V_2$ .
7. Найти объем капель по формуле:  $\Delta V = V_2 - V_1$ .
8. Масса одной капли будет равна:  $m_x = \rho \Delta V g / n$ .
9. Вычислить коэффициент поверхностного натяжения жидкости по формуле:

$$\sigma = \rho \Delta V / 0,9 n \pi d,$$

где  $\rho = 10^3 \text{ кг/ м}^3$  – плотность воды,  $d$ -диаметр бюретки,  $g = 10\text{м/с}^2$ -ускорение свободного падения.

#### Опыт-2

1. Опустить в стакан с водой капиллярную трубку.
2. Измерить высоту подъема воды  $h$  в капиллярной трубке над поверхностью воды в стакане(см.рис.3).
3. Измерить диаметр капилляра  $d$ , вычислить его радиус  $r=d/2$ .

4. Произвести вычисления коэффициента поверхностного натяжения по формуле  

$$\sigma = h r \rho g / 2$$
5. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.
6. Сравнить результаты с табличным значением коэффициента поверхностного натяжения  $\sigma_{\text{табл}} = 0,072 \text{ Н/м}$  и определить абсолютную погрешность методом оценки результатов измерений  $\Delta\sigma = |\sigma_{\text{таб}} - \sigma|$
7. Определить относительную погрешность  $\delta\sigma = \Delta\sigma \cdot 100\% / \sigma_{\text{таб}}$
8. Все вычисления подробно записать .

Таблица 1

№	$\Delta V$ (м <sup>3</sup> )	$n$	d трубки (м)	d капли (м)	r (м)	h (м)	$\sigma$ (Н/м)	$\delta\sigma$ %
1					----	----		
2	----	----		----				

### Контрольные вопросы

#### Вариант-1.

1. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости ?
2. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая , а в другой - с прибавкой мыла. Одинаковы ли объемы отмеренных капель ? Ответ обоснуйте.
3. Изменится ли результат вычисления, если диаметр канала трубки будет меньше ?
4. Какую жидкость можно налить в стакан выше краев ?
5. Между двумя столбами натянута веревка. Как изменится прогиб веревки, если она намокнет от дождя ?

#### Вариант -2.

1. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры ?
2. Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт проводить в другом месте Земли ?
3. Почему мокрое платье становится узко ?
4. Должны ли смазочные материалы смачивать трущиеся металлы ?
5. Изменится ли высота поднятия жидкости в капиллярной трубке, если ее наклонить?

### Информационные источники:

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

## Лабораторная работа №4

### Определение электрической емкости конденсаторов

**Цель работы:** Изучить устройство плоского конденсатора и рассчитать его электроёмкость. Научиться определять электрическую ёмкость конденсатора баллистическим методом. С этой целью изучите теорию рассматриваемого вопроса, соберите установку и экспериментально проверьте основные теоретические выводы

**Оборудование:** 1 Источник электрической энергии 6 В

2 Микроамперметр

3 Конденсаторы (3-4 шт) известной ёмкостью (0,25-4 мкФ)

4 Конденсаторы известной емкости

5 Двухполюсный переключатель

6 Соединительные провода

### Краткая теория

Слово «конденсатор» происходит от латинского слова *condensare*, что означает «сгущение». В учении об электрических явлениях этим словом обозначают устройства, позволяющие «сгущать» электрические заряды и связанное с этими зарядами электрическое поле.

Простейший конденсатор состоит из двух проводников, разделенных диэлектриком.

Свойство конденсатора «сгущать» электрические заряды и связанное с ними электрическое поле можно наблюдать на следующем опыте. Две металлические пластины *A* и *B*, укрепленные на изолирующих подставках, располагают параллельно друг другу и присоединяют к электрометру. Одну из пластин соединяют с землей (рис. 1).

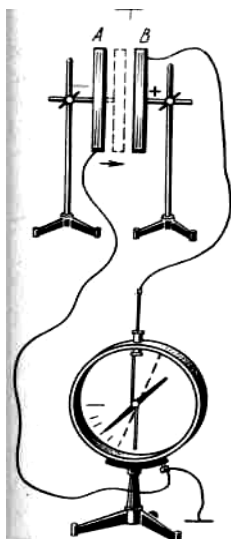


Рис.1

Прикоснувшись наэлектризованным шаром к внешней стороне пластины *B*, сообщают этой пластине положительный заряд  $q$ . Пластина *A* при этом получит через влияние отрицательный заряд  $-q$ . Оба заряда вследствие взаимного притяжения расположатся на внутренних поверхностях пластин. Электрометр покажет разность потенциалов между пластинами.

Важной характеристикой любого конденсатора является его электрическая ёмкость  $C$  – физическая величина, равная отношению заряда  $q$  конденсатора к разности потенциалов  $U$

между его обкладкам:  $C = \frac{q}{U}$ . За единицу электрической ёмкости в Международной системе

единиц принимается электрическая ёмкость конденсатора, напряжение между обкладками которого равно 1 В, когда на его обкладках имеются разноименные заряды по 1 Кл. Эта единица названа фарад (1 Ф).

Кроме того электрическая ёмкость конденсатора зависит от рода диэлектрика, находящегося между пластинами. Выведем формулу для расчёта электрической ёмкости плоского

конденсатора. По определению  $C = \frac{q}{U}$ . Учитывая, что  $U = Ed$ , а  $E = \frac{q}{\varepsilon\varepsilon_0 S}$ , получаем

$$C = \frac{q}{U} = \frac{q}{Ed} = \frac{q\varepsilon\varepsilon_0 S}{qd} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d} \text{ или } C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}.$$

**Содержание и метод выполнения работы**

При прохождении постоянного тока через рамку прибора магнитоэлектрической системы момент сил Ампера, действующих на рамку, пропорционален силе тока. Повороту рамки противодействуют силы упругости спиральных пружин, возрастающие пропорционально углу поворота стрелки прибора. В результате угол отклонения стрелки оказывается пропорциональным силе тока в рамке прибора.

Иной результат получается при кратковременном прохождении электрического тока через рамку прибора магнитоэлектрической системы. Если время  $\Delta t$  протекания электрического тока через рамку прибора значительно меньше периода свободных колебаний его подвижной системы, то такое кратковременное прохождение тока действует как короткий толчок, вызывающий свободные колебания подвижной системы прибора. Амплитуда  $A$  этих колебаний, с одной стороны, пропорциональна силе Ампера  $F$ , возникающей при прохождении электрического тока в рамке, с другой стороны – времени  $\Delta t$  действия этой силы:

$$A \sim F \Delta t.$$

Сила Ампера пропорциональна силе тока в рамке прибора, поэтому амплитуда колебаний стрелки пропорциональна силе тока и времени протекания этого тока, т.е. электрическому заряду, прошедшему через рамку:

$$A \sim \Delta q.$$

Метод измерения электрического заряда по отбросу стрелки прибора магнитоэлектрической системы называется баллистическим методом.

Для измерения заряда баллистическим методом нужно отградуировать гальванометр. Для этого можно зарядить конденсатор известной ёмкости до некоторого напряжения, затем отключить конденсатор от источника тока и подключить его выводы к гальванометру. Заметив число делений шкалы  $n$ , на которое произошёл отброс стрелки, и вычислив заряд по формуле  $\Delta q = CU$ , можно найти коэффициент пропорциональности между числом делений шкалы гальванометра и электрическим зарядом, прошедшим через рамку прибора:

$$kn = \Delta q, \quad k = \frac{\Delta q}{n}$$

### Методические рекомендации

Для того чтобы результаты оказались более точными необходимо каждый отброс стрелки измерить 3 – 4 раза.

### Ход работы

1. Собрать электрическую цепь по схеме расположенной на рисунке 2 (в цепи установить один из конденсаторов известной ёмкости):

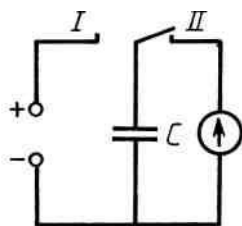


Рис. 2

2. Конденсатор зарядить; для этого соединить его (переключателем) на короткое время с источником электрической энергии.
3. Сосредоточив внимание на миллиамперметре, быстро замкнуть конденсатор на

измерительный прибор и определить число делений, соответствующее максимальному отклонению стрелки.

4 Опыт повторить для более точного определения числа делений **n** и найти отношение найденного количества делений к ёмкости взятого конденсатора **C**:

$$n/C = k$$

5 Опыт повторить 2-3 раза с другими конденсаторами известной ёмкости.

6 Результаты измерений и вычислений записать в таблицу № 8

7 Опыт (п. 1-4) повторить с конденсатором известной ёмкости **C<sub>x</sub>**.

Определить в этом случае число делений **n<sub>x</sub>** и найти ёмкость из отношения:

$$C_x = n_x / k$$

8 Узнать у преподавателя ёмкость исследуемого конденсатора и, приняв её за табличное значение, определить относительную погрешность **ε, %** по формуле:

9. Включить в собранную схему (рисунок 3 два параллельно соединенных конденсатора известной ёмкости:

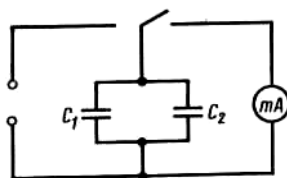


Рис. 3

10. Проверить соотношение  $C_{\text{пар}} = C_1 + C_2$  и сделать вывод.

11. Включить в собранную схему (рисунок 4) два последовательно соединенных конденсатора известной ёмкости:

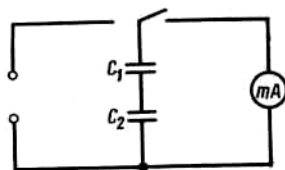


Рис. 4

12. Проверить соотношение  $\frac{1}{C_{\text{пос}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  и сделать вывод.

13. По проделанной работе сделайте вывод.

Таблица № 1

Номер опыта	Ёмкость конденсатора <b>C, мкФ</b>	Число делений по шкале микро-амперметра <b>n</b>	Отношение числа делений к ёмкости <b>k</b>	Найденная ёмкость конденсатора <b>C<sub>x</sub>, мкФ</b>	Относительная погрешность <b>ε, %</b>
1					

...					
12					

### Контрольные вопросы

- 1 Конденсатор в переводе – сгуститель. По какой причине прибору дано такое странное название?
- 2 В чём сущность указанного метода определения ёмкости конденсатора?
- 3 Почему ёмкость конденсатора постоянна?
- 4 От чего и как зависит ёмкость простейшего конденсатора? Запишите формулу этой ёмкости.
- 5 Определить заряд батареи конденсаторов, соединённых так, как показано на рисунке 10. Ёмкость каждого конденсатора (в мкФ) указана на рисунке.

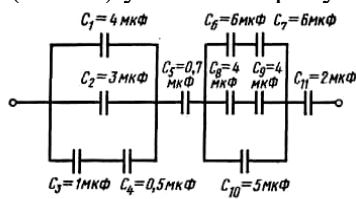


Рисунок 10

- 6 Изменится ли разность потенциалов между пластинами конденсатора, если одну из пластин заземлить?
- 7 Что называется электроёмкостью проводника?
- 8 От каких величин зависит электроёмкость плоского конденсатора?

### Информационные источники:

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

## Лабораторная работа № 5 Определение удельного сопротивления проводника

**Цель работы:** Научиться определять удельное сопротивление материала. С этой целью изучите теорию рассматриваемого вопроса, соберите установку и экспериментально проверьте основные теоретические выводы.

- Оборудование:**
- |              |   |
|--------------|---|
| 1. Амперметр | 6. Константановая, медная, алюминиевая проволочка |
| 2. Вольтметр | 7. Источник тока                                  |
| 3. Реостат   | 8. Соединительные провода                         |
| 4. Ключ      | 9. Масштабная линейка                             |

## 5. Микрометр

### Краткая теория

Одной из важных характеристик проводника является удельное сопротивление  $\rho$  – физическая величина, равная отношению произведения сопротивления проводника на его площадь поперечного сечения к длине проводника.

Для однородного цилиндрического проводника с сопротивлением  $R$ , длиной  $l$ , площадью поперечного сечения  $S$ :  $\rho = \frac{RS}{l}$  в СИ выражается в Ом·м.

Удельное сопротивление зависит от концентрации в проводнике свободных электронов и от расстояния между ионами кристаллической решётки, иначе говоря, от материала проводника.

### Содержание и метод выполнения работы

Электрическим сопротивлением  $R$  участка электрической цепи называется производная физическая величина, равная отношению напряжения  $U$  на участке цепи к силе тока  $I$  в цепи:

$R = \frac{U}{I}$ . Электрическое сопротивление участка цепи можно определить измерив силу тока  $I$  в цепи и напряжения  $U$  на участке цепи.

Электрическое сопротивление часто измеряют специальным измерительным прибором – омметром.

Диаметр сечения проволоки из которой изготовлен исследуемый объект можно с помощью микрометра. А затем по формуле  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$  определить площадь сечения.

### Методические рекомендации

2. Использовать необходимо проволоку длиной 0,6 – 1 м из материала с большим удельным сопротивлением.
3. Если нет штангенциркулей и микрометров, работу можно провести с масштабной линейкой.

### Ход работы:

1. Собираем электрическую цепь по схеме (рис. 1)

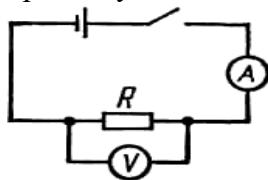


Рис. 1

2. Замкнув ключ  $K$ , с помощью реостата добиваемся, чтобы напряжение на участке ВС было 1 вольт, записываем показания амперметра.
3. По формуле закона Ома  $R = \frac{U}{I}$  для участка цепи, находим сопротивление этого участка.

4. Измеряем длину участка в метрах по шкале реохорда.
5. Измеряем диаметр проволоки с помощью микрометра и вычисляем площадь поперечного сечения в м<sup>2</sup>:  $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$
6. Вычисляем удельное сопротивление по формуле:  $\rho = \frac{RS}{l}$
7. Вычисляем относительную погрешность по формуле:  $\varepsilon = \frac{|\rho_m - \rho|}{\rho_m} 100\%$ , где табличное значение удельное сопротивления берём из таблицы №2
8. Результаты записать в таблицу № 1
9. По результатам работы сформулировать вывод.

Таблица № 1

	Напря- жение U, В	Сил а тока I, А	Сопро- тивлен ие R, Ом	Диаметр прово- локи d, м	Пло- щадь сечения S, м <sup>2</sup>	Длина прово- локи l, м	Удельно е сопроти вление $\rho$ , Ом · м	Таблич- ное значе- ние $\rho_m$ , Ом · м	Отно- сительная погрешность $\varepsilon$ , %
1									
..									
10									

Таблица № 2 “Удельное сопротивление  $\rho$  (при 20<sup>0</sup>C)”

Вещество	$\rho$ , · 10 <sup>-8</sup> Ом · м или · 10 <sup>-2</sup> Ом мм <sup>2</sup> /м	Вещество	$\rho$ , · 10 <sup>-8</sup> Ом · м или · 10 <sup>-2</sup> Ом мм <sup>2</sup> /м
Алюминий	2,69	Нихром	110
Вольфрам	5,5	Фехраль	110-130
Латунь Л-61	7,1	Серебро	1,468
Медь	1,7	Константан	45-50
Никелин	42	Сталь IX18H9T	12
Железо	9,71	Бронза	3,52
Свинец	20,6	Ртуть	95,8
Лантан	56.8	Никель	6,844

### Контрольные вопросы

4. Почему удельное сопротивление проводника зависит от рода материала его?



5. Зависит ли удельное сопротивление от температуры?
6. Назвать известные вам методы определения сопротивления резистора?
7. Как изменится напряжение на участке электрической цепи, если медную проволоку на этом участке заменить никелиновой.
8. В какой зависимости находятся силы токов в резисторах, соединённых параллельно, от их сопротивлений? Написать формулу.
9. Каково падение напряжения на участках цепи, имеющих равные сопротивления?
10. Какое соединение проводников называется последовательным? Начертите его схему?
11. Какое соединение проводников называется параллельным? Начертите его схему?

#### **Информационные источники:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

### **Лабораторная работа № 6** **Определение термического коэффициента сопротивления меди.**

#### **Цель работы**

1. Снять экспериментальную зависимость сопротивления меди от температуры.
2. Научиться определять термический коэффициент сопротивления.

#### **Оборудование**

1. Прибор для определения температурного коэффициента сопротивления.
2. Омметр.
3. Термометр.
4. Стаканы с водой и тающим снегом.
5. Электрическая плитка.

#### **Теория**

В металлических проводниках электрическое сопротивление обусловлено столкновением свободных электронов с колеблющимися ионами в узлах кристаллической решетки. По мере повышения температуры размах колебаний ионов увеличивается, что способствует большему рассеянию электронов, участвующих в упорядоченном движении. Кроме того с повышением температуры увеличивается скорость хаотического (теплого) движения электронов и они испытывают большее число столкновений с ионами кристаллической решетки. Все это приводит к тому, что с повышением температуры сопротивления проводника, а следовательно и удельное сопротивление увеличивается.

Обозначим  $R$  сопротивление проводника при  $t$  °C, а  $R_0$  при  $t=0$  °C. Величину

$$\alpha = \frac{R - R_0}{R_0 t} \quad (1)$$

называют температурным коэффициентом сопротивления (ТКС). Численно температурный коэффициент сопротивления показывает относительное изменение сопротивления при нагревании проводника на 1 °C (1К) и измеряется в °C<sup>-1</sup> или К<sup>-1</sup>, что одно и то же.

У большинства химически чистых металлов температурные коэффициенты сопротивления близки к 1 / 273 К<sup>-1</sup>, а у некоторых сплавов они настолько малы, что во многих практических случаях ими можно пренебречь.

### Порядок выполнения работы

1. Опустить прибор, для определения температурного коэффициента сопротивления в тающий снег и выдержать его там в течении некоторого времени, пока температура проводника не будет равна  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. Измерить сопротивление  $R_0$  с помощью омметра.
3. Перенести прибор для определения температурного коэффициента сопротивления в стакан с водой и, нагревая воду, измерять сопротивление  $R$  через каждые 20 - 40 градусов.
4. Вычислить для каждого измерения температурный коэффициент сопротивления по формуле (1).
5. Определить абсолютную ошибку измерения  $\Delta\alpha = |\alpha_{\text{табл}} - \alpha|$ , для меди  $\alpha_{\text{табл}} = 0,0042 \text{ K}^{-1}$ .
6. Определить относительную ошибку измерения  $\delta\alpha = (\Delta\alpha / \alpha_{\text{табл}}) 100\%$ .
7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 1.
8. Построить график зависимости сопротивления  $R$  от температуры  $t$ .
9. Сделать вывод о характере этой зависимости.

Таблица- 1.

№	$t(^{\circ}\text{C})$	$R_0(\text{Ом})$	$R(\text{Ом})$	$\alpha(\text{K}^{-1})$	$\Delta\alpha(\text{K}^{-1})$	$\delta\alpha(\%)$
1	0					
2	20					
3	40					
4	60					
5	80					
6	100					

### Контрольные вопросы

#### Вариант- 1

1. ТКС меди  $0,0042 \text{ K}^{-1}$ . Что это означает?
2. Сопротивление медного проводника при  $0^{\circ}\text{C}$  равно 1 Ом. Каким оно будет при  $100^{\circ}\text{C}$  ?
3. Сопротивление стального и вольфрамового проводников при  $0^{\circ}\text{C}$  одинаковы..Будут ли одинаковы при  $200^{\circ}\text{C}$ ? ТКС стали  $0,006 \text{ K}^{-1}$ , вольфрама  $0,005 \text{ K}^{-1}$ .
4. Сопротивление стального и вольфрамового проводников при  $50^{\circ}\text{C}$  одинаковы. Каким они будут при  $10^{\circ}\text{C}$  ?
5. Где применяются проводники с большим ТКС?

#### Вариант -2

1. ТКС константана  $0,000021 \text{ K}^{-1}$ . Что это означает?
2. Сопротивление константанового проводника при  $100^{\circ}\text{C}$  равно 1,002 Ом. Каким оно будет при  $0^{\circ}\text{C}$  ?
3. Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при  $20^{\circ}\text{C}$  одинаковы..Будут ли одинаковы при  $80^{\circ}\text{C}$ ? ТКС алюминия  $0,004 \text{ K}^{-1}$ , нихрома  $1,0001 \text{ K}^{-1}$ .
4. Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при  $60^{\circ}\text{C}$  одинаковы. Каким они будут при  $30^{\circ}\text{C}$  ?
5. Где применяются проводники с малым ТКС?

### Информационные источники:

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

## Лабораторная работа № 7

### Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

**Цель работы:** научиться определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.

#### Оборудование

1. Источник постоянного напряжения
2. Реостат.
3. Амперметр.
4. Вольтметр.
5. Ключ.
6. Соединительные провода.

#### Краткая теория

Для поддержания тока в проводнике необходимо, чтобы разность потенциалов (напряжение) на его концах была неизменной. Для этого используется источник тока. Разность потенциалов на его полюсах образуется вследствие разделения зарядов на положительные и отрицательные внутри источника тока. Работу по разделению зарядов выполняют сторонние силы (силы не электрического происхождения: сила Лоренца, силы химической природы). Величина, измеряемая работой, совершаемой сторонними силами при перемещении единичного положительного заряда внутри источника тока, называется электродвижущей силой источника тока (ЭДС)

$$E = A/q \quad (1)$$

Единица измерения ЭДС вольт (В). 1В - это ЭДС такого источника, в котором для перемещения (разделения) заряда 1Кл сторонние силы совершают работу 1Дж. Когда цепь замкнута, то разделенные в источнике тока заряды образуют электрическое поле, которое перемещает заряды во внешней цепи. Внутри источника тока заряды движутся навстречу электрическому полю под действием сторонних сил. Таким образом, энергия, запасенная в источнике тока, расходуется на работу по перемещению заряда во внешней и внутренней цепях с сопротивлениями  $R$  и  $r$ .

$$E = IR + Ir = U_{\text{вн}} + Ir \quad (2)$$

Из последнего выражения следует, что если сила тока в цепи равна нулю (цепь разомкнута), то  $E = U_{\text{вн.}}$ , т.е. ЭДС источника равна напряжению на полюсах разомкнутого источника тока. Зная ЭДС источника тока, напряжение на внешнем участке при замкнутой цепи и ЭДС источника, можно найти внутреннее сопротивление источника тока

$$r = (E - U_{\text{вн.}})/I \quad (3)$$

#### Порядок выполнения работы

1. Собрать электрическую цепь (рис. 1)

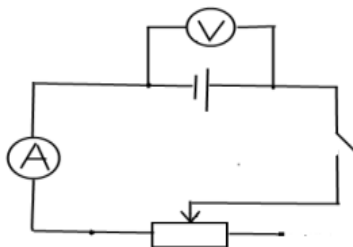


Рис.1

2. Измерить напряжение на полюсах источника тока при разомкнутом ключе К. Это напряжение равно ЭДС источника тока  $E$ .
3. Замкнуть ключ К и измерить напряжение  $U$  и силу тока  $I$  в цепи при трех различных сопротивлениях реостата.
4. Результаты занести в таблицу 1

Таблица 1.

№	$E$ (В)	$U_{\text{вн.}}$ (В)	$I$ (А)	$r$ (Ом)	$\delta r$ (%)
1					
2					
3					

5. Найти среднее значение  $r_{\text{ср}} = (r_1 + r_2 + r_3)/3$
6. Найти абсолютные погрешности измерения каждого сопротивления  $r$ .
7. Найти относительную погрешность для каждого измерения.
8. Сделать вывод о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

#### Вариант -1

1. Что такое ЭДС источника тока?
2. ЭДС источника тока 1В. Что это означает?
3. Какие силы совершают работу по перемещению зарядов во внутренней цепи? Назовите эти силы.
4. Для перемещения заряда 5 Кл внутри источника тока совершается работа 10 Дж. Чему равна ЭДС источника?.
5. Два источника тока соединяются последовательно. Для перемещения заряда 2Кл внутри источников совершается работа 2 и 4 Дж. Найти ЭДС этой батареи.

#### Вариант- 2

1. Что такое напряжение?
2. Напряжение на участке цепи 1В. Что это означает?
3. Какие силы перемещают заряды во внешней цепи?
4. Для перемещения заряда 1 Кл во внешней цепи совершается работа 20 Дж. Чему равно напряжение на этом участке?
5. Два резистора соединяются последовательно. Для перемещения заряда 5Кл по этим резисторам совершается работа 5 и 10 Дж. Найти напряжение на концах этих

резисторов.

### **Информационные источники:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.150-152.

## **Лабораторная работа № 8**

### **Изучение законов последовательного и параллельного соединения проводников.**

**Цель:** проверить законы последовательного и параллельного соединения проводников .

**Оборудование:** источник тока, проволочный резистор, реостат, вольтметры, амперметры, соединительные провода.

### **Краткая теория.**

Электрический ток – это упорядоченное направленное движение носителей зарядов. Ток определяется количеством электричества (зарядом), проходящим через поперечное сечение проводника в единицу времени.

Закон Ома для участка цепи: ток, проходящий по участку цепи, прямо пропорционален напряжению и обратно пропорционален его сопротивлению

$$I = U / R, \quad \text{где } U - \text{напряжение (В), } R - \text{сопротивление (Ом).}$$

Резисторы, включенные в цепь, могут быть соединены между собой последовательно, параллельно или смешанно.

При последовательном соединении резисторов общее сопротивление цепи равно сумме их сопротивлений  $R = R_1 + R_2$ ,

Сила тока постоянна на каждом участке цепи  $I = I_1 = I_2$ ,

Общее напряжение равно сумме напряжений на каждом участке цепи  $U = U_1 + U_2$ ,

При последовательном соединении резисторов:  $U_1 / U_2 = R_1 / R_2$ .

При параллельном соединении резисторов общее сопротивление цепи равно сумме их обратных сопротивлений  $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ ,

Напряжение постоянно на каждом участке цепи  $U = U_1 = U_2$ ,

Общая сила тока равно сумме токов на каждом участке цепи  $I = I_1 + I_2$ ,

При параллельном соединении резисторов:  $I_1 / I_2 = R_2 / R_1$ .

### **Выполнение работы.**

#### **1. Проверить законы последовательного соединения проводников.**

- 1.1 Нарисовать схему электрической цепи, состоящую из проволочного резистора, реостата, амперметра, вольтметров, источника ток
- 1.2 Собрать электрическую цепь по проверенной преподавателем схеме и снять показания с амперметра и вольтметров при определенном положении движка реостата. Передвинуть движок реостата и опять снять показания с приборов.
- 1.3 Вычислить общее напряжение цепи по формуле:  $U_0 = U_1 + U_2$
- 1.4 Вычислить сопротивление каждого реостата  $R_1$ ,  $R_2$ :  
 $R_1 = U_1 / I_0$      $R_2 = U_2 / I_0$   
и общее сопротивление  $R_0$  по данным силы тока  $I_0$  и общего напряжения  $U_0$ :  $R_0 = U_0 / I_0$ .
- 1.5 Проверить общее сопротивление цепи по формуле:  $R_0 = R_1 + R_2$
- 1.6 Проверить формулу:  $U_1 / U_2 = R_1 / R_2$ .
- 1.7 Показания приборов и вычислений заносим в таблицу.

№	Измерено			Вычислено			
	$I_0$ , А	$U_1$ , В	$U_2$ , В	$U_0$ , В	$R_0$ , Ом	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом
1							
2							

- 1.8 . Вычислить абсолютные и относительные погрешности измерений:  
 $\Delta I$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta R_i = \varepsilon_i R_i$      $\varepsilon = \Delta U / U_i + \Delta I / I_i$

## 2. Проверить законы параллельного соединения проводников.

- 2.1 Нарисовать схему электрической цепи, состоящую из проволочного резистора, реостата, амперметров, вольтметра, источника тока.
- 2.2 Собрать электрическую цепь по проверенной преподавателем схеме и снять показания с амперметров и вольтметра при определенном положении движка реостата. Передвинуть движок реостата и опять снять показания с приборов.
- 2.3 Вычислить общее значение силы тока по формуле:  $I_0 = I_1 + I_2$
- 2.4 Вычислить общее сопротивление  $R_0$ , сопротивление  $R_1$ ,  $R_2$ , каждого реостата по данным силы тока  $I$  и напряжения  $U$ :  $R_1 = U_0 / I_1$ ,  $R_2 = U_0 / I_2$ ,  $R_0 = U_0 / I_0$
- 2.5 Проверить общее сопротивление цепи по формуле:  $1 / R_0 = 1 / R_1 + 1 / R_2$
- 2.6 Проверить формулу:  $I_1 / I_2 = R_2 / R_1$ .
- 2.7 Показания приборов и вычислений заносим в таблицу.

№	Измерено			Вычислено			
	$U_0$ , В	$I_1$ , А	$I_2$ , А	$I_0$ , А	$R_0$ , Ом	$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом
1							
2							

- 2.8. Вычислить абсолютные и относительные погрешности измерений:  
 $\Delta I$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta R_i = \varepsilon_i R_i$      $\varepsilon = \Delta U / U_i + \Delta I / I_i$

**Вывод.**

## Контрольные вопросы.

1. Какое соединение называется последовательным?

2. Какое соединение называется параллельным ?
3. Какое соединение редко используется в быту? Почему?
4. Как соединены лампочки в елочной гирлянде?
5. Как соединены потребители электроэнергии в квартире? Почему?

#### **Информационные источники:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.207, 211-212.

### **Лабораторная работа № 9**

#### **Исследование зависимости мощности лампы накаливания от напряжения на ее зажимах**

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

#### **Оборудование**

1. Источник постоянного напряжения
2. Реостат ползунковый.
3. Амперметр.
4. Вольтметр.
5. Ключ.
6. Соединительные провода.
7. Электрическая лампочка.

#### **Краткая теория**

При замыкании электрической цепи ( см. рис.1) на ее участке с сопротивлением  $R$ , током  $I$ , напряжение на концах  $U$  производится работа  $A$  (Дж)

$$A = I t = I^2 R t = U^2 t / R \quad (1)$$

Величина, равная отношению работы тока ко времени, за которое она совершается называется мощностью  $P$  (Вт)

$$P = A / t \quad (2)$$

Следовательно,

$$P = IU = I^2 R = U^2 / R \quad (3)$$

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

#### **Порядок выполнения работы**

1. Определите цену деления шкалы измерительных приборов.
2. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис.1, соблюдая полярность приборов постоянного тока.
3. После проверки преподавателем ключ замкнуть. С помощью реостата установить наименьшее значение напряжения. Снять показания измерительных приборов.
4. Постепенно выводя реостат, снять 6 показания амперметра и вольтметра.
5. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 1.

Таблица 1.

№	U (В)	I (А)	P(Вт)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

6. Построить график зависимости мощности лампы от напряжения.

7. Сделать вывод.

### Контрольные вопросы

#### Вариант-1

1. В каких единицах выражается мощность тока?
2. По какой формуле находят работу тока?
3. Две лампы, рассчитанные на одинаковое напряжение, но потребляющие различные мощности, включены в сеть последовательно. Какая из них будет гореть ярче?
4. Лампочка мощностью 2 Вт имеет сопротивление 4 Ом. Какое сопротивление имеет лампочка мощностью 1 Вт. Обе лампочки рассчитаны на одинаковое напряжение.
5. Спираль подсоединена к сети, вследствие чего она раскалена. Как изменится накал спирали, если на часть ее попадает вода?

#### Вариант -2

1. Единица измерения работы тока?
2. По какой формуле находят мощность ток?
3. В сеть параллельно включены две лампы. Сопротивление одной из ламп больше другой. В которой из ламп выделится большее количество теплоты за равное время?
4. Как изменится мощность тока на участке цепи, если его сопротивление увеличится в 4 раза, а сила тока уменьшится в 2 раза?

Вследствие испарения и распыления материала с поверхности нити накала лампы нить с течением времени становится тоньше. Как это влияет на мощность, потребляемую лампой?

### Информационные источники:

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.207, 211-212.

### Лабораторная работа № 10 Определение КПД электроплитки



## Лабораторная работа № 11

### Определение электрохимического эквивалента меди

**Цель работы:** научиться на практике рассчитывать электрохимический эквивалент меди.

#### Оборудование

1. Весы с разновесом.
2. Амперметр.
3. Часы.
4. Источник электрической энергии.
5. Реостат.
6. Ключ.
7. Медные пластины (электроды).
8. Соединительные провода.
9. Электролитическая ванна с раствором медного купороса.

#### Теория

Процесс, при котором молекулы солей, кислот и щелочей при растворении в воде или других растворителях распадаются на заряженные частицы (ионы), называется электролитической диссоциацией, получившийся при этом раствор с положительными и отрицательными ионами называется электролитом.

Если в сосуд с электролитом поместить пластины (электроды), соединенные с зажимами источника тока (создать в электролите электрическое поле), то положительные ионы будут двигаться к катоду, а отрицательные - к аноду. Следовательно, в растворах кислот, солей и щелочей электрический заряд будет перемещаться вместе с частицами вещества. У электродов при этом происходит окислительно-восстановительные реакции, при которых на них выделяется вещество. Процесс прохождения электрического тока через электролит, сопровождающийся химическими реакциями называется электролизом.

Для электролиза справедлив закон Фарадея: масса выделившегося вещества на электроде прямо пропорциональна заряду, прошедшему через электролит:

$$m=kq \quad (1)$$

$$m=kIt \quad (2)$$

где  $k$ -электрохимический эквивалент-количествовещества, выделенное при прохождении через электролит 1 Кл электричества. Измерив силу тока в цепи, время его прохождения и массу выделившегося на катоде вещества можно определить электрохимический эквивалент ( $1с$  выражается в кг/Кл).

$$k=m/It \quad (3)$$

где  $m$ -масса меди, выделившейся на катоде;  $I$ -сила тока в цепи;  $t$ - время пропускания тока в цепи.

#### Порядок выполнения работы

1. Очистить поверхность медной пластины и взвесить ее с максимальной возможной точностью- $m$ .
2. Собрать электрическую цепь по схеме рисунке 1, взвешенную пластинку соединить с отрицательным полюсом источника.

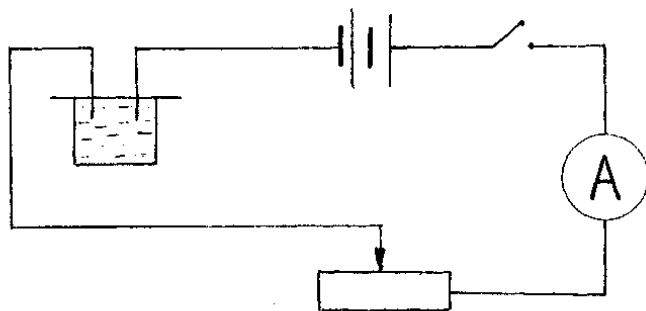


Рис.1

3. Заметив время, замкнуть цепь, быстро установить реостатом ток в пределах 1,0 - 1,5 А. Пользуясь реостатом, поддерживать силу тока неизменной на протяжении всего опыта. Записать в таблицу 1 это значение силы тока.

4. Через 10-15 минут (время зафиксировать в секундах) цепь разомкнуть, пластинку, служившую в опыте катодом, осторожно вынуть и высушить, тщательно взвесить и найти ее массу после электролиза –  $m_2$

5. Определить массу выделившейся меди;

$$\Delta m = m_1 - m_2 \quad (4)$$

6. По результатам измерений определить электрохимический эквивалент меди по формуле

$$k = \Delta m / It \quad (5)$$

где  $\Delta m$  – масса меди, выделившейся на катоде;  $t$  – сила тока в цепи;  $I$  – время пропускания тока в цепи.

7. Сравнить найденное значение электрохимического эквивалента с табличным значением и определить относительную погрешность по формуле:

$$\delta k = |k_{\text{таб}} - k| / k_{\text{таб}} * 100\%$$

где для меди  $k = 3,29 * 10^{-7}$  кг/Кл.

8. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Таблица 1.

№	$m_1$ (кг)	$m_2$ (кг)	$\Delta m$ (кг)	$t$ (с)	$I$ (А)	$k$ (кг/Кл)	$\delta k$ (%)
1							

## Контрольные вопросы

### Вариант- 1

1. Почему молекулы соли, кислоты, щелочи в воде распадаются на ионы?
2. Повышается ли сопротивление электролита при понижении температуры? И почему.
3. Как следует поступить, если по ошибке при выполнении опыта взвешенная пластинка была соединена с положительным полюсом источника тока?
4. За 15 минут на электролите выделилось 1485 мг чистой меди. Сопротивление раствора 0,8 Ом. Определите потребляемую мощность. Принять электрохимический эквивалент меди равным  $3,3 * 10^{-7}$  кг/Кл.
5. Почему для гальванического покрытия изделия чаще всего употребляют никель и хром?

### Вариант -2

1. Почему молекулы сахара в воде не распадаются на ионы?
2. Будет ли происходить электролитическая диссоциация в условиях космического полета?
3. Как поступают, когда необходимо к угольному электроду припаять провод?
4. При каких условиях концентрация электролита в процессе электролиза остается постоянной? Меняется?

5. До каких пор будет продолжаться процесс электролиза медного купороса, если взяты угольные электроды?

#### **Информационные источники:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.207, 211-212

### **Лабораторная работа № 12**

#### **Изучение явления электромагнитной индукции.**

**Цель работы:** Опытным путем исследовать явление электромагнитной индукции.

**Оборудование:** катушки с сердечниками, дугообразный магнит, реостат, выключатель, соединительные провода, источник питания, магнитная стрелка(компас) .

#### **Краткая теория.**

Явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля, пронизывающего контур, называется электромагнитной индукцией.

Экспериментальное исследование зависимости ЭДС индукции от изменения магнитного потока привело к установлению закона электромагнитной индукции: ЭДС индукции в замкнутом контуре пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

$$\mathcal{E} = - \Delta \Phi / \Delta t$$

В проводящем замкнутом контуре возникает электрический ток, если контур находится в переменном магнитном поле или движется в постоянном во времени поле так, чтобы число линий магнитной индукции, пронизывающих контур, меняется. Чем быстрее меняется число линий магнитной индукции, тем больше возникающий индукционный ток. При увеличении магнитного потока через витки катушки индукционный ток имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует нарастанию магнитного потока через витки катушки. Линии индукции этого поля направлены против линий индукции поля, изменение которого порождает электрический ток. Если же магнитный поток ослабевает, то индукционный ток создает магнитное поле с индукцией, увеличивающее магнитный поток через витки катушки. В этом состоит правило определения направления индукционного тока, которое называется правилом Ленца: возникающий в замкнутом контуре индукционный ток своим магнитным полем противодействует тому изменению магнитного потока, которым он вызван.

#### **Выполнение работы.**

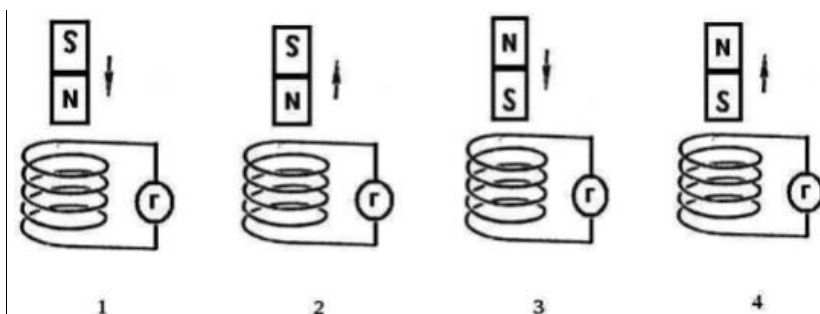
1. Вставить в одну из катушек железный сердечник, закрепив его гайкой. Подключить катушку через миллиамперметр, реостат и ключ к источнику питания. Замкнуть ключ и с помощью магнитной стрелки определить расположение магнитных полюсов катушки с током. Зафиксировать, в какую сторону отклоняется при этом стрелка миллиамперметра.
2. Отключить от цепи реостат и ключ, замкнуть миллиамперметр на катушку, сохранив порядок соединения их клемм. Приставьте сердечник к одному из полюсов дугообразного магнита и вдвиньте внутрь катушки, наблюдая одновременно за стрелкой миллиамперметра.
3. Повторите наблюдение, выдвигая сердечник из катушки, а также меняя полюсы магнита.

4. Зарисуйте схему опыта и проверьте выполнение правила Ленца в каждом случае.
5. Расположите вторую катушку рядом с первой так, чтобы их оси совпадали.
6. Вставьте в обе катушки железные сердечки и присоедините вторую катушку через выключатель к источнику питания.
7. Замыкая и размыкая ключ, наблюдайте отклонение стрелки миллиамперметра.
8. Зарисуйте схему опыта и проверьте выполнение правила Ленца.

### Вывод.

### Контрольные вопросы.

1. Что называется магнитным потоком? От каких величин зависит магнитный поток?
2. В чем состоит явление электромагнитной индукции?
3. От каких факторов зависит величина ЭДС индукции? Запишите на доске закон Фарадея для электромагнитной индукции.
4. От чего зависит направление индукционного тока? Сформулируйте правило Ленца.
5. Приведите примеры применения явления электромагнитной индукции в вашей профессиональной деятельности и в быту.



### Дополнительное задание

Определите направление индукционного тока по рисунку, используя алгоритм применения правила Ленца

### Информационные источники:

1. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.259 -266.

## Лабораторная работа № 13

### Изучение работы трансформатора

#### Цель работы

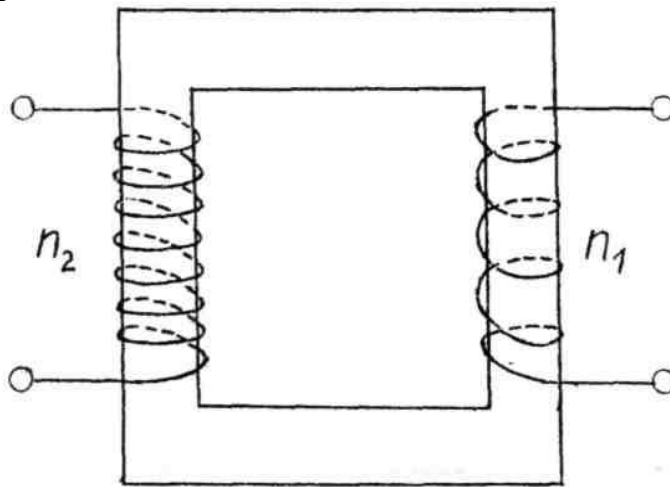
1. Изучить устройство трансформатора.
2. Определить коэффициент трансформации трансформатора.

#### Оборудование

1. Трансформатор.
2. Вольтметры.
3. Источник переменного напряжения.
4. Соединительные провода

#### Теория

Трансформатор - это устройство, преобразующее энергию переменного тока одного напряжения в переменный ток другого напряжения при неизменной частоте. Трансформатор состоит из двух основных частей: сердечника (магнитопровода) и двух или более обмоток. Одна из обмоток включается в сеть переменного тока и называется первичной 1 (рис.1). Остальные обмотки являются вторичными 2. Сердечник трансформатора служит для концентрации магнитного потока  $\Phi$ .



$$E_1 = -\omega_1 \Phi, E_2 = \Phi \omega_2 \quad (1)$$

$$k = E_1 / E_2 = \omega_1 / \omega_2 \quad (2)$$

При  $k < 1$  трансформатор повышает напряжение, при  $k > 1$  - понижает напряжение.

Экспериментально для определения коэффициента трансформации используется формула

$$k = \omega_1 / \omega_2 \quad (3)$$

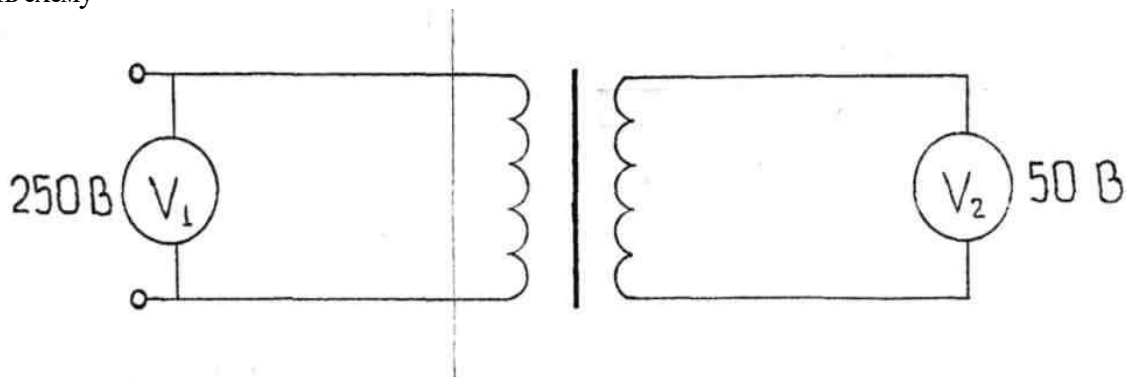
Трансформатор может работать в режиме холостого хода и режиме нагрузки. Режим холостого хода - это режим, в котором  $I_2 = 0$ , т.е. нагрузка к вторичной обмотке не подключена.

Трансформатор имеет высокий КПД (более 99%), поэтому можно записать соотношение  $U_1 / U_2 = I_2 / I_1$ , т.е. трансформатор изменяет не только напряжение, но и силу тока  $I$ .

В трансформаторе имеются два вида потерь мощности: потери в меди и потери в стали. Потери в меди (потери в обмотках) зависят от силы тока  $I_1$  и  $I_2$ . Потери в стали (потери в магнитопроводе) зависят от напряжения  $U$  и расходятся на перемагничивание сердечника и вихревые токи в нем.

## Порядок выполнения работы

### 1. Собрать схему



2. Включить трансформатор в сеть и измерить напряжения  $U_1$  и  $U_2$ .

3. Вычислить коэффициент трансформации трансформатора.

4. Сделать вывод о типе трансформатора.

### Контрольные вопросы

#### Вариант 1

1. Что такое трансформатор?

2. Какая обмотка трансформатора называется первичной?

3. От чего зависят потери в стали?

4. Почему обмотки трансформатора изготавливаются из меди?

5. От чего зависит коэффициент трансформации?

#### Вариант 2

1. Где и для чего применяются трансформаторы?

2. Какая обмотка трансформатора называется вторичной?

3. Как можно определить коэффициент трансформации?

4. От чего зависят потери в меди?

5. Почему сердечник трансформатора собирается из отдельных изолированных друг от друга стальных пластин?

### Информационные источники:

1. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.

2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.345 -347.

## Лабораторная работа № 14

### Определение показателя преломления стекла.

**Цель работы:** Опытным путем определить показатель преломления стекла.

**Оборудование:** стеклянная пластинка, имеющая форму трапеции, картон, 4 иголки, источник света.

### Краткая теория.

Известно, что скорость света в веществе  $v$  всегда меньше скорости света в вакууме  $c$ .

Отношение скорости света в вакууме  $c$  к ее скорости в данной среде  $v$  называется **абсолютным показателем преломления**:

$$n = \frac{c}{v}$$

Также, абсолютный показатель преломления можно выразить через отношение синуса угла падения к синусу угла преломления при переходе луча из вакуума в данную среду:

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

Словосочетание «абсолютный показатель преломления среды» часто заменяют на «показатель преломления среды».

### **Законы преломления:**

1. Отношение синуса угла падения  $\alpha$  к синусу угла преломления  $\beta$  есть величина постоянная для двух данных сред.
2. Лучи, падающий и преломленный, лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным в точке падения луча к плоскости границы раздела двух сред.

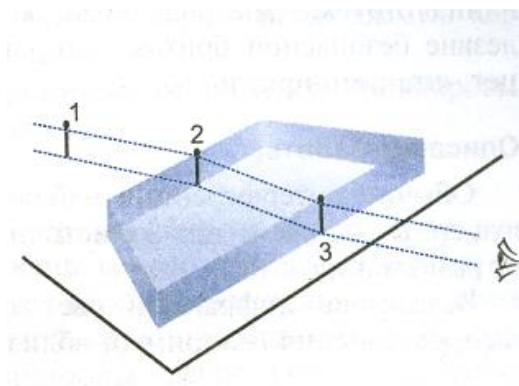
Для преломления выполняется принцип обратимости световых лучей: луч света, распространяющийся по пути преломленного луча, преломившись в точке О на границе раздела сред, распространяется дальше по пути падающего луча. Из закона преломления следует, что если вторая среда оптически более плотная чем первая среда,

После прохождения через стеклянную плоскопараллельную пластинку луч света смещается, однако его направление остается прежним. Анализируя ход луча света, можно с помощью геометрических построений определить показатель преломления стекла.

### **Ход работы**

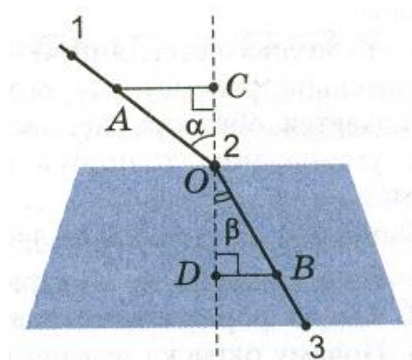
#### **Задание №1.**

1. Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку.
2. Воткните в картон по одну сторону пластинки две булавки – 1 и 2 так, чтобы булавка 2 касалась грани пластинки. Они будут отмечать направление падающего луча.
3. Глядя сквозь пластинку, воткните третью булавку так, чтобы она закрывала первые две. При этом третья булавка тоже должна касаться пластины.



### Задание №2.

1. Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.
2. Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.
3. Отметьте на лучах точки  $A$  и  $B$  такие, что  $OA=OB$ . Из точек  $A$  и  $B$  опустите перпендикуляры  $AC$  и  $BD$  на перпендикуляр к границе пластинки.



**Задание №3.** Измерив отрезки  $AC$  и  $BD$ , вычислите показатель преломления стекла,

используя следующие формулы:

$$\sin \alpha = \frac{AC}{OA}, \quad \sin \beta = \frac{DB}{OB}, \quad n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{DB}$$

**Задание №4** Повторите опыт еще 2 раза, изменяя каждый раз угол падения. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№ опыта	$AC$ , мм	$BD$ , мм	$n$	$\Delta n$

**Задание №5.** Определить погрешность измерений методом средней арифметической.



$$n_{cp} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

Определите абсолютную погрешность:

$$\Delta n_1 = |n_{cp} - n_1|, \quad \Delta n_2 = |n_{cp} - n_2|, \quad \Delta n_3 = |n_{cp} - n_3|$$

$$\Delta n_{cp} = \frac{\Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3}{3}$$

Определите относительную погрешность:

$$\delta \rho = \frac{\Delta n_{cp}}{n_{cp}} \cdot 100\%$$

**Задание №6** (Дополнительное задание на оценку «Отлично»). Определите, на какой угол отклонится световой луч от своего первоначального направления при переходе из воздуха в воду, если угол падения  $\alpha = 75^\circ$ .

Сделайте вывод по проделанной работе.

#### Контрольные вопросы:

1. Физический смысл абсолютного показателя преломления.
2. Что такое явление полного внутреннего отражения?
3. Где используется явление полного внутреннего отражения?

#### Информационные источники:

1. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.345 -347.

### Лабораторная работа №15

#### Определение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель работы:** экспериментально определить длину световой волны.

#### Оборудование

1. Прибор для определения длины световой волны.
2. Дифракционная решетка.

### Краткая теория

#### Часть 1

Параллельный пучок света, проходя через дифракционную решетку, вследствие дифракции на решетке, распространяется по всевозможным направлениям и интерферирует. На экране, установленном на пути интерферирующего света, можно наблюдать интерференционную картину. Максимумы света наблюдаются в точках экрана, для которых выполняется условие-

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

Где  $\Delta$  - оптическая разность хода волн;  $\lambda$ - длина световой волны; n-номер максимума. Центральный максимум называют нулевым; для него  $\Delta=0$ . Слева и справа от него располагаются максимумы высших порядков. Условие возникновения максимума (1) можно записать иначе:

$$n\lambda = d \sin \varphi \quad (2)$$

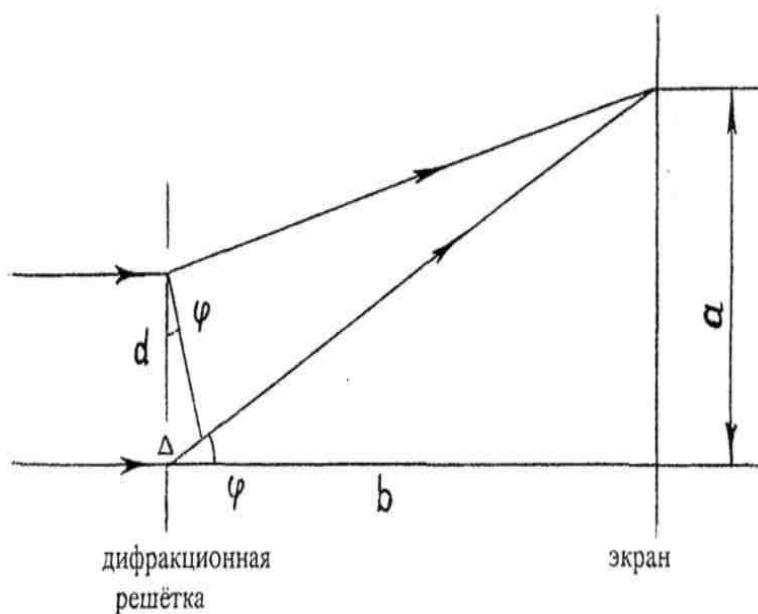


Рис.1

Здесь (см. рис.1) d-период дифракционной решётки;  $\varphi$  - угол, под которым виден световой максимум (угол дифракции). Так как углы дифракции, как правило, малы, то для них можно принять  $\sin \varphi = \operatorname{tg} \varphi$ ,  $\operatorname{tg} \varphi = a/b$  (рис. 1). Поэтому

$$n\lambda = da / b \quad (3)$$

$$\lambda = da / nb \quad (4)$$

В данной работе эту формулу используют для вычисления длины световой волны.

#### Часть -2

Анализ формулы показывает, что положение световых максимумов зависит от длины волны монохроматического света: чем больше длина волны, тем дальше максимум от нулевого. Белый свет по составу - сложный.. Нулевой максимум для него белая полоса, а максимумы высших порядков представляют собой набор семи цветных полос, совокупность которых называют *спектром* соответственно 1,2... порядка (см. рис. 2).

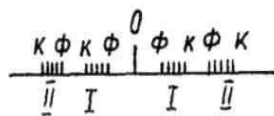


Рис.2

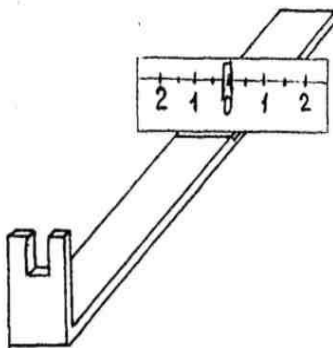


Рис.3

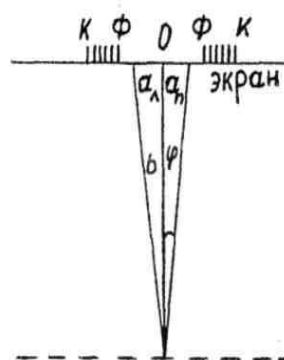


Рис.4

Получить дифракционный спектр можно, используя прибор для определения длины световой волны (рис.3). Прибор состоит из бруска 1 со шкалой 2 (по ней определяется расстояние  $b$ ). Вдоль бруска в боковых пазах его может перемещаться ползунок 3 с экраном 4 (по нему определяется расстояние  $a$ ). К концу бруска прикреплена рамка 5, в которую вставляют дифракционную решетку.

#### Порядок выполнения работы

1. Направить щель экрана на окно (люминесцентную лампу).
2. Смотря через дифракционную решетку на экран, направить прибор на источник света.
3. Перемещением экрана со шкалой по продольной линейке добиться четкого изображения на экране спектров 1 и 2 -го порядка (Наилучшее расстояние  $b$  для получения точных результатов для данного прибора в пределах 10-20 см).
4. Определить расстояние от нулевого деления шкалы экрана до середины полосы нужного цвета (расстояние  $a$ ). (Рис 4)
5. Измерить расстояние от решетки до экрана ( $b$ ). (Рис 4)
6. Опыт повторить 3 раза со спектрами 1 и 2-го порядка (по индивидуальному заданию преподавателя).
7. По формуле (4) вычислить  $\lambda$ .
8. Выбрав табличное волны (см. Таблицу 1), во всех 3 опытах рассчитать абсолютную погрешность измерений по формуле:  $\Delta \lambda = |\lambda|$  (4)

Таблица 1

Цвет	Границы, нм	Цвет	Границы, нм
Фиолетовый	380-450	Желто-	550-575
Синий	450-480	Желтый	575-585
Голубой	480-510	Оранжевый	585-620
Зеленый	510-550	Красный	620-760

9. Определить относительную погрешность измерений:  $\delta \lambda = \Delta \lambda * 100\% /$

10. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 2.

Таблица 2

№	d(м)	N	a (м)	b (м)	$\lambda$ (м)	$\delta \lambda(\%)$	Цвет
1	$10^{-5}$						
2'	$10^{-5}$						
3	$10^{-5}$						

## Контрольные вопросы

### Вариант - 1

1. Почему нулевой максимум дифракционного спектра белого света - белая полоса, а максимумы высших порядков - набор цветных полос?
2. Какова природа световых волн и звуковых волн?
3. Имеем графическое изображение красной, фиолетовой и желтой световой волны (см. рис.5). Какой график, какой волне принадлежит ?

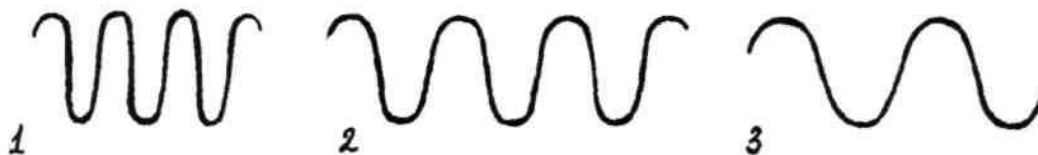


Рис 5.

### Вариант -2

1. Какой вид имеет интерференционная картина в случае монохроматического света?
2. Частота  $7,5 \cdot 10^{14}$  Гц. Какому цвету соответствует эта частота?
3. Почему стоя за колонной в театре, мы слышим певца, но не видим его?

## Информационные источники:

1. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.345 -347.

## Лабораторная работа № 16

### Наблюдение сплошного и линейчатого спектров

**Цель работы:** Изучение с помощью спектроскопа спектров испускания и поглощения газов и паров некоторых веществ. С этой целью изучите теорию рассматриваемого вопроса, соберите установку и экспериментально проверьте основные теоретические выводы.

**Оборудование:**

1. Спектроскоп.	5. Раствор поваренной соли.
2. Спиртовка.	6. Пинцет.
3. Асбест.	7. Штатив.
4. Светофильтр.	

### Краткая теория

Слово «спектр» в физику ввёл Ньютон, использовавший его в своих научных трудах. В переводе с латыни слово «спектр» означает «дух», «приведение», что довольно точно отражает суть явления – возникновение праздничной радуги при прохождении бесцветного солнечного света через прозрачную стеклянную призму.

Совокупность частот (или длин волн), которые содержатся в излучении какого-либо вещества, называют спектром испускания. Они бывают трёх видов.

**Сплошной** – это спектр, содержащий все длины волн определённого диапазона от красного и до фиолетового. Сплошной спектр излучают нагретые твёрдые и жидкие тела под большим давлением.

**Линейчатый** – это спектр, испускаемый газами, парами малой плотности в атомарном состоянии. Состоит из отдельных линий разного или одного цвета, имеющих разные расположения. Каждый атом излучает набор электромагнитных волн определённых частот. Поэтому химический элемент имеет свой спектр.

Полосатый – это спектр, который испускается газом в молекулярном состоянии.

Линейчатые и полосатые спектры можно получить путём нагревания вещества (что используется в данной лабораторной работе) или пропускании электрического тока.

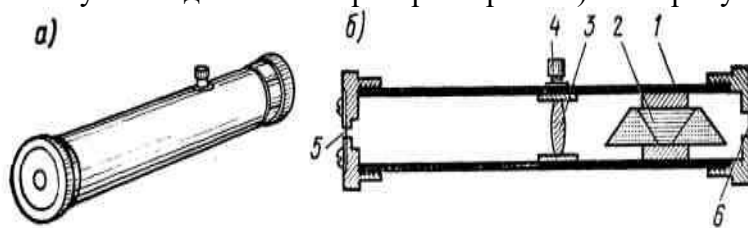


Рисунок 29

Если излучение источника света направить на стеклянную призму, на пути прошедших через призму лучей поставить экран, то на экране можно наблюдать набор цветных полос — спектр.

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

Наблюдать спектр можно с помощью спектроскопа прямого зрения (рисунок 29, а). Прибор состоит из трубы 1 (рисунок 29, б), сложной призмы 2, собирающей линзы 3, закрепленной винтом 4, постоянной щели 5, окуляра 6,

### Методические рекомендации

Данная работа имеет большое познавательное значение, поэтому на занятиях полезно предложить учащимся работу с двухтрубным спектроскопом с целью: проградуйровать спектроскоп и по градуировочной кривой определить длину, а затем и частоту световых волн спектральных линий какого-либо светящегося газа.

### Ход работы

#### 1. Наблюдение спектров испускания.

##### а) Сплошной спектр.

1. Зажечь спиртовку, поставить на подставку.
2. Расположить спиртовку так, чтобы её пламя находилось против щели коллиматора.
3. Проверить, параллельна ли щель коллиматора преломляющему ребру призмы спектроскопа.
4. Рассмотреть полученный спектр со спектром дневного света и с изображением сплошного спектра в таблице.

##### б) Линейчатый спектр.

1. Зажечь спиртовку, поставить на подставку.

2. Расположить спиртовку так, чтобы её пламя находилось против щели коллиматора.
3. Внести в пламя спиртовки на проволочке кусочек асбеста, смоченный раствором поваренной соли.
4. Проверить, параллельна ли щель коллиматора преломляющему ребру призмы, проверить точность установки зрительной и коллиматорной труб (спектральные линии должны быть чёткими).
5. Рассмотреть полученный линейчатый спектр и обратить внимание на характерные для данного вещества спектральные линии.
6. Сравнить полученный линейчатый спектр с изображением в таблице. Зарисовать (схематически) спектр в тетради.

## **2. Наблюдение спектра поглощения.**

1. Зажечь спиртовку, поставить на подставку.
2. Расположить спиртовку так, чтобы её пламя находилось против щели коллиматора.
3. Поместить между щелью и спиртовкой светофильтр.
4. Рассмотреть полученный спектр поглощения цветного стекла, обращая внимание на характерные линии и полосы.
5. По проделанной работе сформулируйте вывод.

## **Наблюдение сплошного и линейчатого спектров**

- Приборы и материалы:**
1. Проекционный аппарат.
  2. Спектральные трубки с водородом, неоном или гелием.
  3. Высоковольтный индуктор.
  4. Батарея аккумуляторов.
  5. Стеклопластиковая пластина (выдается каждому).

## **Проведение эксперимента**

1. Расположить пластину горизонтально перед глазом. Сквозь грани, составляющие угол  $45^\circ$ , наблюдать светлую вертикальную полосу на экране – изображение раздвижной щели проекционного аппарата.
2. Выделить основные цвета полученного сплошного спектра и записать их в наблюдаемой последовательности.
3. Повторить опыт, расположив полосу через грани, образующие угол  $60^\circ$ . Записать различия в виде спектров.
4. Наблюдать линейчатые спектры водорода, гелия или неона, рассматривая светящиеся спектральные трубки сквозь грани стеклопластиковой пластины. Записать наиболее яркие линии спектров.

## **Контрольные вопросы**

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

7. Почему атомы каждого химического элемента имеют строго определённый линейчатый спектр излучения и поглощения?
8. Какой спектр даёт раскалённый добела металл? расплавленный металл?

#### **1. Информационные источники:**

2. 1. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
3. 2. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.368 -371.

### **Лабораторная работа № 17.**

#### **Изучение звездного неба с помощью подвижной карты.**

**Цель работы:** Научиться определять вид звездного неба в любой момент суток произвольного дня года; находить на карте созвездия, туманности, млечный Путь, Северный полюс мира, Полярную звезду, точки весеннего равноденствия, небесный экватор, эклиптику, положение Солнца на эклиптике, видимую и невидимую части небосвода. Научиться находить зенит и определять созвездия в зените; научиться определять координаты звезд.

**Оборудование:** Подвижная карта звездного неба. Накладной круг.

#### **Выполнение работы**

1. Установить подвижную карту звездного неба на день и час наблюдения и назвать созвездия, расположенные в южной части неба от горизонта до полюса мира; на востоке – от горизонта до полюса мира.
2. Найти созвездия, расположенные между точками запада и севера [10 октября](#) в 21 час. Проверить правильность определения визуальным наблюдением звездного неба.
3. Найти на звездной карте созвездия с обозначенными в них туманностями и проверить, можно ли их наблюдать невооруженным глазом.
4. Определить, будут ли видны созвездия Девы, Рака, Весов в полночь [15 сентября](#)? Какое созвездие в это же время будет находиться вблизи горизонта на севере?
5. Определить, какие из перечисленных созвездий: Малая Медведица, Волопас, Возничий, Орион – для данной широты будут незаходящими?
6. Ответить на вопрос: может ли для вашей широты [20 сентября](#) Андромеда находиться в зените?

7. На карте звездного неба найти любые из перечисленных созвездий: Большая Медведица, Кассиопея, Андромеда, Пегас, Лебедь, Лира, Геркулес, Северная корона – и определить приближенно небесные координаты (склонение и прямое восхождение) звезд этих созвездий.
8. Определить, какое созвездие будет находиться вблизи горизонта 5 мая в полночь?

Отчет по данной работе должен включать письменные ответы на все пункты порядка выполнения работы.

Вывод.

### **Информационные источники:**

1. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020. Стр.435 -441.
2. Воронцов – Вельяминов Б.А., Е.К.Страут. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник –М: Дрофа: 2020.

### **Критерии оценки**

оценки лабораторной работы **«отлично»**: выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы;  
оценка **«хорошо»**: выполнены все задания лабораторной работы, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;  
оценка **«удовлетворительно»**: выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями, студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями;  
оценка **«не зачтено»**: студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы, студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

## **Информационное обеспечение реализации программы.**

### **1 Информационное обеспечение реализации программы**

**Перечень используемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы**

#### **1.1 Печатные издания:**

##### **- основные:**

1. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.
2. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. / Под ред. Парфентьевой Н.А, 2023г.

##### **- дополнительные:**

3. В.Д. Дмитриева « Физика для профессий и специальностей технического профиля» М. Издательский центр «Академия», 2020.
4. Дмитриева В.М. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профиля: Контрольные материалы./ В.Ф.Дмитриева – М.: Издательский центр «Академия», 2019.-112с.
5. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Пурышева Н.С, Важеевская Н.Е, Исаев Д.А; под редакцией Пурышевой Н.С. 1.1.3.5.1.9.1; 2022г.



6. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Пурышева Н.С, Важеевская Н.Е, Исаев Д.А, Чаругин В.Д.; под редакцией Пурышевой Н.С. 1.1.3.5.1.9.2; 2022г.
7. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. 1.1.3.5.1.5.1; 2022г
8. Физика 11 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. . Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю 1.1.3.5.1.5.2; 2022г
9. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. В 2ч. Часть 1, Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев И.Н., Кошкина А.В., 1.1.3.5.1.3.1; 2022г
10. Физика 10 класс. Учебник. Базовый и углубленный уровни. В 2ч. Часть 2. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев И.Н., Кошкина А.В., 1.1.3.5.1.3.2; 2022г.
11. Физика 10 класс. Учебник. Базовый уровень. Касьянов В.А., 1.1.3.5.1.6.2; 2022г.
12. Физика 11 класс. Учебник. Базовый уровень. Касьянов В.А., 1.1.3.5.1.6.1; 2022г

## **1.2 Электронные издания (электронные ресурсы)**

13. В.И. Бабецкий, Физика. Механика. Электромагнетизм: учебное пособие для среднего профессионального образования / В.И. Бабецкий, О.Н. Третьякова. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 325 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10735-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472804>

14. Г.Д. Бухарова, Физика. Молекулярная физика и термодинамика. Методика преподавания: учебное пособие для среднего профессионального образования / Г.Д. Бухарова — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 221 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01363-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471101>

15. В.В. Горлач, Физика: Квантовая физика. Лабораторный практикум: учебное пособие для среднего профессионального образования / В.В. Горлач — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 114 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10138-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471694>

16. Б.В. Горячев, Физика. Оптика. Практические занятия: учебное пособие для среднего профессионального образования / Б.В. Горячев, С.Б. Могильницкий — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 91 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09571-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471980>

17. Н.П. Калашников, Физика в 2ч. Часть 1 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н.П. Калашников, С.Е. Муравьев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471223>.

18. Н.П. Калашников, Физика в 2ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н.П. Калашников, С.Е. Муравьев. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 244 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09161-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471915>.

## **1.2.2 Электронные издания (электронные ресурсы)**

1, Информационно-коммуникационные технологии в образовании // система федеральных образовательных порталов [Электронный ресурс]-режим доступа <http://www.ict.edu.ru>

2. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/catalog/pupil/?subject=30> (дата обращения: 29.08.2022);
3. КМ-школа. – Режим доступа: <http://www.km-school.ru/> (дата обращения: 29.08.2022);
4. Открытая физика. – Режим доступа: <http://www.physics.ru/courses/or25part2/design/index.htm> (дата обращения: 29.08.2022);
5. Платформа ЯКласс – Режим доступа: <http://www.yaklass.ru/> (дата обращения: 29.08.2022);
6. Российская электронная школа – Режим доступа: <http://www.reshe.edu.ru/> (дата обращения: 29.08.2022);
7. Физика.ру. – Режим доступа: <http://www.fizika.ru> (дата обращения: 29.08.2022);
8. ФИПИ (ВПР 11 класс) – Режим доступа: <http://www.fipi.ru/> (дата обращения: 29.08.2022);
9. Электронный учебник – Режим доступа: <http://www.physbook.ru/> (дата обращения: 29.08.2022).
10. Подготовка к ЕГЭ <http://www.college.ru/fizika>
11. Научно – популярный физико-математический журнал «Квант»  
<http://www.kvant.mccme.ru>
12. Естественно-научный журнал для молодежи «Путь к науке» <http://www.yos.ru/natural-sciences/html>
13. Учебно-методическая газета «Физика»: <https://fiz.1september.ru>
14. Нобелевские лауреаты по физике: [www.n-t.ru/nl/fz](http://www.n-t.ru/nl/fz)
15. Образовательные ресурсы Интернета — Физика: [www.alleng.ru/edu/phys.htm](http://www.alleng.ru/edu/phys.htm)

**Электронно-библиотечная система:**

Доступ авторизованных пользователей через Интернет

«ЭБС IPRbooks», ООО «Ай Пи Эр Медиа»

ЭБС «Электронная библиотека технического вуза», ООО «Политехресурс»

ЭБС «Лань», ООО «Издательство Лань»

«ЭБС elibrary», ООО «РУНЭБ»

ЭБС «ЮРАЙТ»

ЭБС «Book.ru»