

КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА
САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
КОЛЛЕДЖ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению лабораторных и практических работ
(с комплектом работ)

к учебной дисциплине

ОУД.12. Раздел 1.ФИЗИКА

для специальностей

08.02.01«Строительство и эксплуатация зданий и сооружений»,

**08.02.07«Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств,
вентиляции и кондиционирования воздуха»,**

07.02.01«Архитектура».

Общие положения

Общеобразовательная учебная дисциплина физика в СПб ГБПОУ «СПАСК» является профильным предметом, так как изучаемые на старших курсах профессиональные модули и дисциплины основаны на применении законов физики.

По ФГОС «обеспечением успешного обучения обучающихся [...] требования к предметным результатам формулируются в деятельностной форме с усилением акцента на применение знаний и конкретных умений». Лабораторные и практические работы, как виды учебных занятий, направлены на экспериментальное подтверждение теоретических положений и законов.

Целями проведения лабораторных и практических работ являются:

- формирование практических умений в соответствии с требованиями к уровню учебной дисциплины;
- обобщение, систематизация, углубление полученных теоретических знаний;
- развитие умений применять теоретические знания на практике;
- формирование у обучающихся самостоятельности, ответственности и точности выполнения поставленной задачи.

Предлагаемые методические рекомендации предназначены для студентов 1 курса СПО и соответствуют программе дисциплины физика для 10 и 11 классов общеобразовательной школы. В данных методических рекомендациях представлены 9 лабораторных и 4 практические работы.

В каждой работе содержится:

- теоретический материал по данной теме, изложенный в краткой форме;
- подробное описание порядка выполнения работ;
- расчетные формулы, формула для расчета относительной погрешности;
- таблица для записи результатов измерений и вычислений;
- контрольные вопросы.

В пояснительной записке указаны правила выполнения работ, правила выполнения отчета по лабораторным и практическим работам, критерии оценки и список используемой учебной литературы.

СОГЛАСОВАНО
Зам. директора по УР
_____/Т. Э. Степанова
« ____ » _____ 2022 года

УТВЕРЖДАЮ
Врио директора
СПб ГБПОУ «СПАСК»
_____/Т.Э.Степанова /
« ____ » _____ 2022 года

РАССМОТРЕНО
Методическим Советом
СПб ГБПОУ «СПАСК»;
Протокол № ____
от « ____ » _____ 2022 года

РАССМОТРЕНО
на заседании ЦК
общепрофессиональных
и естественнонаучных дисциплин;
Протокол № 5
от «15» июня 2022 года

Методические рекомендации к лабораторным и практическим работам учебной дисциплины ОУД.12 Раздел 1 «Физика» разработаны на основе рабочей учебной программы в соответствии с требованиями ФГОС СОО (Приказ Минобрнауки № 613 от 29.06.2017) и рекомендациями по организации получения среднего общего образования в пределах освоения образовательных программ СПО на базе основного общего образования (письмо Департамента государственной политики в сфере подготовки рабочих кадров и ДПО Минобрнауки России от 17.03.2015 № 06-259) для специальностей:

08.02.01 Строительство и эксплуатация зданий и сооружений

08.02.07 Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств,
вентиляции и кондиционирования воздуха

07.02.01 Архитектура

Организация-разработчик: СПб ГБПОУ «Санкт-Петербургский архитектурно-строительный колледж» (СПб ГБПОУ СПАСК»)

Разработчик:

М.Н.Кузнецова, преподаватель

Содержание

Пояснительная записка.....	5
Лабораторная работа №1	8
Лабораторная работа №2	11
Лабораторная работа №3	17
Лабораторная работа №4	20
Лабораторная работа №5	22
Лабораторная работа №6	25
Лабораторная работа №7	27
Лабораторная работа №8	29
Лабораторная работа №9	32
Практическая работа №1	35
Практическая работа №2	37
Практическая работа №3	43
Практическая работа №4	45

Пояснительная записка

Методические рекомендации для выполнения лабораторных и практических работ предназначены в качестве методического пособия при проведении лабораторных и практических работ по программе дисциплины ОУД.12 «Физика и Химия», утвержденной для специальностей 08.02.01 «Строительство и эксплуатация зданий и сооружений», 08.02.07 «Монтаж и эксплуатация внутренних сантехнических устройств, вентиляции и кондиционирования воздуха», 07.02.01 «Архитектура».

Лабораторные работы следуют за определёнными темами теоретического материала учебной дисциплины «Физика».

Методические рекомендации по каждой лабораторной и практической работе содержат: наименование работы, её цель, предмет и содержание работы, необходимое оборудование, технические средства и инструменты, общие методические рекомендации к выполнению работы.

Требования к знаниям и умениям при выполнении лабораторных и практических работ

В результате выполнения лабораторных (практических) работ, предусмотренных программой по данной специальности, студент должен

знать:

- основы теории курса физики, обозначения и единицы физических величин в СИ;
- физический смысл универсальных физических постоянных;
- применение физических явлений в природе и технике;
- способы измерения физических величин;
- принцип работы физических устройств;
- правила техники безопасности.

уметь:

- использовать законы физики при объяснении различных явлений в решении практических задач;
- обращаться с физическими устройствами и использовать их при проведении лабораторных работ;
- оценивать погрешность измерений;
- пользоваться необходимой справочной литературой.

Правила выполнения лабораторных работ и отчёта по лабораторным работам по физике.

1. Правила выполнения лабораторных работ

Перед началом выполнения лабораторных работ необходимо ознакомиться с техникой безопасности в лаборатории физики. Для подготовки к работе используется учебный материал по данной теме лекции по физике и заданный параграф учебника^[1,2].

Лабораторная работа выполняется студентами в группе от 2 до 4 человек. При выполнении работы следует придерживаться порядка выполнения работы, описанного в руководстве к каждой лабораторной работе. Экспериментальная и расчетная части выполняются внимательно и аккуратно; если возникают затруднения, то нужно обратиться к преподавателю за разъяснениями.

2. Правила выполнения отчёта по лабораторной работе.

2.1. Отчёт по лабораторной работе оформляется в тетради для лабораторных и практических работ. При выполнении отчёта необходимо соблюдать «Правила выполнения отчёта по лабораторной работе».

2.2. Отчёт по лабораторной работе должен содержать:

- номер лабораторной работы;
- название работы;
- цель работы;
- оборудование;
- рисунок или схему;
- формулы, необходимые для расчёта величин в данной работе;
- таблицу с измеренными и рассчитанными величинами;
- расчёты с единицами измерений;
- расчёт погрешности;
- ответы на вопросы и вывод.

3. Правила выполнения отчёта по практической работе

Отчёт по практической работе оформляется в тетради для лабораторных и практических работ. При выполнении отчёта необходимо внимательно ознакомиться с методическим руководством к конкретной работе и чётко следовать данным к ней указаниям.

4. Оценка выполнения лабораторной и практической работы:

Оценка «5»:

- отчёт оформлен в соответствии с «Правилами выполнения отчёта по лабораторной работе»;

- таблица измерений и расчёты величин выполнены аккуратно;
- сделан правильный вывод с объяснением погрешности;
- даны правильные ответы на контрольные вопросы.

Оценка «4»:

- при выполнении работы допущено не более двух несущественных ошибок,
- работа оформлена аккуратно.

Оценка «3»:

- неправильно сделан вывод из работы, не объяснена погрешность;
- работа оформлена неаккуратно

Оценка «2»:

- не соблюдены "Правила выполнения отчёта по лабораторной работе";
- не сделан (или сделан не полностью) вывод из работы ;
- нет ответов на контрольные вопросы или ответы неверные.

Оценка «1»:

работа не выполнена.

Литература, используемая студентами при выполнении работ:

Основные источники:

1. Касьянов, В. А. Физика. 10 класс : учебник : углубленный уровень / В. А. Касьянов. — Москва : Просвещение, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-09-079385-8. — Текст: непосредственный.
2. Касьянов, В. А. Физика. 11 класс : учебник : углубленный уровень / В. А. Касьянов. — Москва : Просвещение, 2021. — 493 с. — ISBN 978-5-09-079386-5. — Текст: непосредственный.

Электронные издания:

1. Пинский, А. А. Физика : учебник / А. А. Пинский, Г. Ю. Граковский ; под общ.ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурышевой. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2022. — 560 с. — (Среднее профессиональное образование). — ISBN 978-5-00091-739-8. — Текст : электронный // ЭБС Знаниум [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1712397> (дата обращения: 20.06.2022). — Режим доступа: по подписке.
2. Горлач, В. В. Физика. Задачи, тесты. Методы решения : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Горлач. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 301 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08112-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/494416> (дата обращения: 20.06.2022). — Режим доступа: по подписке
3. Тарасов, О. М. Физика : учебное пособие / О. М. Тарасов. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. — 432 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-91134-777-2. — Текст : электронный // ЭБС Знаниум [сайт]. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1012153> (дата обращения: 20.06.2022). — Режим доступа: по подписке.

Лабораторная работа №1

«Условие отсутствия вращательного движения тела и определение его массы»

Цель работы:

1. Проверить условие отсутствия вращательного движения тела и определить его массу;
2. Выполнить отчёт по лабораторной работе с использованием компьютерных технологий.

Оборудование:

Штатив, линейка, два груза разной массы, крепления для линейки и для грузов.

Пояснение к работе:

1.1 Условие отсутствия вращательного движения тела с закреплённой осью вращения

Линейка АВ подвешена на штативе в точке О (см. рис.1), где точка О – центр тяжести линейки.

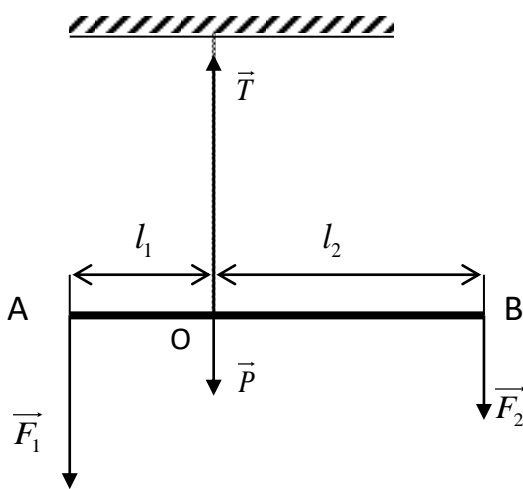


Рис.1

На линейку действуют силы:

$$\vec{P} = m_0 \vec{g} \quad (1) \text{ – вес линейки;}$$

$$\vec{F} = m_1 \vec{g} \quad (2) \text{ – сила тяжести груза №1;}$$

$$\vec{F}_2 = m_2 \vec{g} \quad (3) \text{ – сила тяжести груза №2;}$$

\vec{T} – сила натяжения нити;

$\vec{g} \approx 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Линейка находится в состоянии статистического равновесия (отсутствие поступательного движения), то есть $\vec{a} = 0$. В инерциальной системе отсчёта справедлив II закон Ньютона, поэтому условие статистического равновесия линейки описывается уравнением:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{P} + \vec{T} = 0.$$

Однако, выполнение этого условия не означает отсутствия вращательного движения. Сила \vec{F}_1 стремится повернуть линейку против часовой стрелки, а сила \vec{F}_2 – по часовой стрелке. Если линейка остаётся в покое, то изменение её кинетической энергии равно нулю. В этом случае работа всех сил, действующих на тело равна нулю:

$$A_1 + A_2 = 0 \quad (4),$$

где A_1 и A_2 – работа сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 .

Известно, что сила \vec{F}_1 совершает работу:

$$A_1 = F_1 \cdot \Delta l_1 \cdot \cos \alpha,$$

а сила \vec{F}_2 совершает работу:

$$A_2 = -F_2 \cdot \Delta l_2 \cdot \cos \alpha,$$

где α – угол возможного поворота, Δl_1 и Δl_2 – возможное перемещение линейки при вращении.

Применим правило о длине хорды при малом угле поворота, тогда условие равновесия для вращательного движения приобретёт вид:

$$F_1 l_1 - F_2 l_2 = 0,$$

или в других обозначениях:

$$M_1 - M_2 = 0,$$

где $M_1 = F_1 l_1$ (5), $M_2 = F_2 l_2$ (6) – моменты сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 , Δl_1 и Δl_2 – плечи сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 – длина перпендикуляра, опущенного от оси из точки вращения на линию действующих сил. При этом знак момента силы зависит от направления вращения тела: момент считают положительным, если сила вращает тело относительно выбранной оси против часовой стрелки, а отрицательным, если по часовой стрелке.

Тогда, условием отсутствия вращательного движения линейки является равенство моментов силы \vec{F}_1 и силы \vec{F}_2 : $M_1 = M_2$ (7).

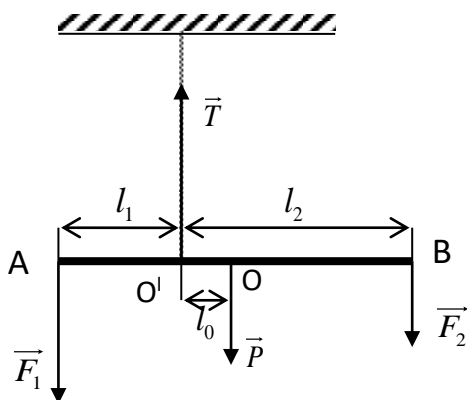


Рис.2

1.2 Определение массы линейки

Линейка АВ подвешена на штативе в точке O^I (см. рис.2), точка O^I – центр тяжести линейки.

На линейку действуют силы \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{P} и \vec{T} (см. формулы 1,2,3).

В этом случае условием отсутствия вращательного движения линейки является равенство:

$$M_1 - M_0 - M_2 = 0 \quad (8) \text{ (см. объяснение п.1.1),}$$

где $M_0 = P \cdot l_0$, l_0 – плечо силы P , а величины M_1 и M_2 определяются по формулам (5) и (6).

Учитывая формулу (1) и (8), выведем формулу для расчёта массы линейки:

$$\begin{aligned} m_0 g l_0 &= M_1 - M_2 \\ m_0 &= \frac{M_1 - M_2}{g l_0} \end{aligned} \quad (9)$$

Порядок выполнения работы:

2.1 Проверка условия отсутствия вращательного движения тела

- 1) Укрепить линейку на штативе, как показано на рис.1;
- 2) По обе стороны от крепления рычага укрепить грузы m_1 и m_2 таким образом, чтобы рычаг находился в состоянии равновесия;
- 3) Измерить длину плеч l_1 и l_2 ;
- 4) Рассчитать силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 по формулам (2) и (3) и моменты силы M_1 и M_2 по формулам (5) и (6);
- 5) Проверить условие отсутствия вращательного движения линейки по формуле (7);
- 6) Рассчитать относительную погрешность выполнения работы по формуле:

$$\delta_M = \frac{|M_1 - M_2|}{M_{cp}} \cdot 100\%, \text{ где } M_{cp} = \frac{M_1 + M_2}{2};$$

2.2 Определение массы линейки

- 1) Укрепить линейку на штативе, как показано на рис.2;
- 2) С помощью грузов m_1 и m_2 уравновесить рычаг;
- 3) Измерить плечи сил l_1 , l_2 и l_0 (l_0 – расстояние от точки крепления до центра тяжести);
- 4) Рассчитать моменты силы M_1 и M_2 по формулам (5) и (6);
- 5) Рассчитать массу линейки m_0 по формуле (9);
- 6) Сравнить массу линейки m_0 с массой, полученной с помощью взвешивания $m_{изм}$ и рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\delta_m = \frac{|m_0 - m_{изм}|}{m_{изм}} \cdot 100\%;$$

- 7) Все полученные данные оформить в виде таблицы;

	$m_1, \text{кг}$	$m_2, \text{кг}$	$F_1, \text{Н}$	$F_2, \text{Н}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$M_1, \text{Нм}$	$M_2, \text{Нм}$	$m_0, \text{кг}$	$m_{\text{изм}}, \text{кг}$	$l_0, \text{м}$	$\delta_M, \%$	$\delta_m, \%$
I													
II													

8. Сделать вывод.

Контрольные вопросы:

1. Дайте понятие условия статического равновесия.
2. Объясните принцип определения массы линейки без взвешивания.
3. Объясните причины погрешности.

Лабораторная работа №2

«Определение плотности тела»

Цель работы:

1. Определить плотность твёрдого тела и выяснить, из какого материала оно изготовлено;
2. Решить задачу.

Оборудование: исследуемое твёрдое тело (цилиндр), электронные весы, штангенциркуль, таблицы плотности некоторых веществ.

Пояснение к работе.

Плотность вещества – это физическая величина, равная отношению массы тела к его объёму: $\rho = \frac{m}{V}$

Для того, чтобы определить объём цилиндра, необходимо измерить его диаметр и высоту, т.к. $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$

Для определения линейных размеров исследуемого тела используют штангенциркуль.

Инструкция по применению штангенциркуля.

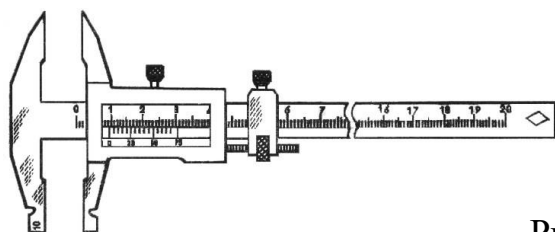


Рис.1

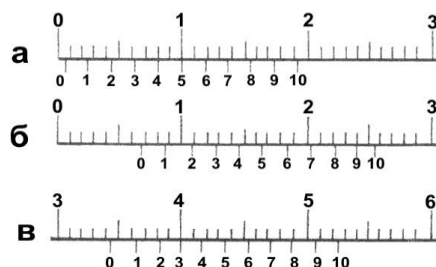


Рис.2

Штангенциркуль состоит из штанги с неподвижными губками и рамки с подвижными губками (рис.1) Рамку можно закреплять в нужном положении стопорным винтом. На штанге нанесены деления, которые образуют миллиметровую шкалу, цена деления которой 1мм. На подвижных губках нанесена вспомогательная шкала, называемая *нониусом*. Она разделена на 10 равных частей. При измерении штангенциркулем целое число миллиметров отсчитывают по миллиметровой шкале до нулевого штриха нониуса, а десятые доли миллиметра по шкале нониуса начиная от нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо рисккой миллиметровой шкалы (см. рис.2). На рисунке показаны положение шкал штангенциркуля при отсчёте размеров: а–0,5мм, б–6,9мм, в–34,3мм. Перед началом измерений штангенциркулем надо его проверить на точность. Для этого надо совместить губки инструмента. При этом нулевые риски обеих шкал должны совпасть. Одновременно должен совеститься десятый штрих нониуса с девятнадцатым штрихом миллиметровой шкалы.

Губки штангенциркуля имеют острые концы, поэтому при пользовании им соблюдайте осторожность. Штангенциркуль должен лежать на рабочем месте так, чтобы им было удобно пользоваться.

Вариант №1

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в $см^3$ по формуле: $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$, где $\pi = 3,14$
4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{г}{см^3}$ по формуле: $\rho_{оп} = \frac{m}{V}$
5. Перевести значение $\rho_{оп}$ из $\frac{г}{см^3}$ в $\frac{кг}{м^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_{\rho} = \frac{|\rho_{оп} - \rho_{табл}|}{\rho_{табл}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см ³	$\rho_{оп}$, г/см ³	$\rho_{оп}$, кг/м ³	$\rho_{табл}$, кг/м ³	δ_ρ , %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Деревянная модель отливки имеет массу 4, кг. Какова масса латунной отливки, если плотность дерева 500 кг/м³? Изменением объёма латуни при охлаждении пренебречь.

Вариант №2

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в см³ по формуле: $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$, где $\pi = 3,14$
4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{г}{см^3}$ по формуле: $\rho_{оп} = \frac{m}{V}$
5. Перевести значение $\rho_{оп}$ из $\frac{г}{см^3}$ в $\frac{кг}{м^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_\rho = \frac{|\rho_{оп} - \rho_{табл}|}{\rho_{табл}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см ³	$\rho_{оп}$, г/см ³	$\rho_{оп}$, кг/м ³	$\rho_{табл}$, кг/м ³	δ_ρ , %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Золото можно расплющить до толщины 0,10 мкм. Поверхность какой площади можно покрыть листком золота массой 2,0 г.

Вариант №3

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в см³ по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h, \text{ где } \pi = 3,14$$

4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ по формуле:

$$\rho_{оп} = \frac{m}{V}$$

5. Перевести значение $\rho_{оп}$ из $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_\rho = \frac{|\rho_{оп} - \rho_{табл}|}{\rho_{табл}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см ³	$\rho_{оп}$, г/см ³	$\rho_{оп}$, кг/м ³	$\rho_{табл}$, кг/м ³	δ_ρ , %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Железный стержень длиной 2,0 м и площадью поперечного сечения 4,0 см³ имеет массу 6,28 кг. Определить плотность железа

Вариант №4

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в см³ по формуле: $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$, где $\pi = 3,14$
4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ по формуле: $\rho_{\text{оп}} = \frac{m}{V}$
5. Перевести значение $\rho_{\text{оп}}$ из $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_{\rho} = \frac{|\rho_{\text{оп}} - \rho_{\text{табл}}|}{\rho_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см ³	$\rho_{\text{оп}}$ г/см ³	$\rho_{\text{оп}}$ кг/м ³	$\rho_{\text{табл}}$ кг/м ³	δ_{ρ} %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Определить массу воздуха в комнате, если площадь пола равна 20,0 м², а высота до потолка 3,0 м.

Вариант №5

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в см^3 по формуле: $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$, где $\pi = 3,14$
4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ по формуле: $\rho_{\text{оп}} = \frac{m}{V}$
5. Перевести значение $\rho_{\text{оп}}$ из $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ в $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_{\rho} = \frac{|\rho_{\text{оп}} - \rho_{\text{табл}}|}{\rho_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см^3	$\rho_{\text{оп}}$, $\text{г}/\text{см}^3$	$\rho_{\text{оп}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	$\rho_{\text{табл}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	δ_{ρ} , %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Чугунная отливка, наружный объём которой равен 3,1 дм^3 , имеет массу 21 кг. Имеются ли в ней пустоты?

Вариант №6

Цель работы: определить, из какого материала изготовлено исследуемое тело.

Оборудование: исследуемое тело, электронные весы, штангенциркуль, таблицы.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу исследуемого тела m с точностью до 0,01 г с помощью электронных весов.
2. Определить диаметр d и высоту h исследуемого тела с точностью до 0,01 см с помощью штангенциркуля.
3. Вычислить объём тела в см^3 по формуле: $V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$, где $\pi = 3,14$
4. Вычислить плотность исследуемого тела в $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ по формуле: $\rho_{\text{оп}} = \frac{m}{V}$

5. Перевести значение $\rho_{оп}$ из $\frac{г}{см^3}$ в $\frac{кг}{м^3}$.
6. По «Таблице плотности некоторых веществ» определить, из какого материала изготовлено тело.
7. Вычислить погрешность рассчитанной величины по формуле:

$$\delta_{\rho} = \frac{|\rho_{оп} - \rho_{табл}|}{\rho_{табл}} \cdot 100\%$$

8. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу:

Величина	m , г	d , см	h , см	V , см ³	$\rho_{оп}$ г/см ³	$\rho_{оп}$ кг/м ³	$\rho_{табл}$ кг/м ³	δ_{ρ} %
Результат измерения								

9. В выводе доказать, из какого материала изготовлено тело, объяснить причину погрешности.

Часть II. Решить задачу.

Алюминиевый цилиндр имеет длину 80,0 см и площадь поперечного сечения 12,5 см². Определить массу этого цилиндра.

Лабораторная работа №3

«Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости»

Цель работы:

1. Определить коэффициент поверхностного натяжения воды;
2. Ответить на вопросы.

Оборудование: капельница с зажимом, ампула с пробкой, электронные весы, вода, таблица.

Пояснение к работе.

На границе с газом (паром) жидкость образует свободную поверхность. Молекулы поверхностного слоя жидкости находятся в особых условиях по сравнению с молекулами её внутренних слоёв. Молекулы поверхностного слоя, в отличие от молекул внутренних слоёв, притягиваются только молекулами внутренних слоёв и оказывают молекулярное давление на жидкость, стягивая её поверхность до минимума. Этот эффект называется *поверхностным натяжением*.

Поверхностное натяжение – явление молекулярного давления на жидкость, вызванное притяжением молекул поверхностного слоя к молекулам внутри жидкости.

В отсутствии внешней силы вдоль поверхности жидкости действует *сила поверхностного натяжения*: $F_{\pi} = \sigma \cdot l$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения, характеризующий силу поверхностного натяжения, действующую на единицу длины границы поверхности.

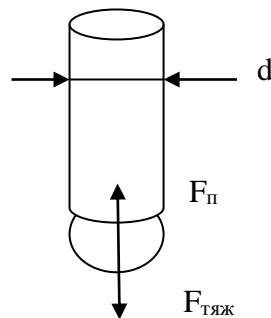
Вывод формулы.

В опыте капля жидкости находится под действием силы тяжести $F_{\text{тяж}}$ и сил поверхностного натяжения F_{π}

В момент отрыва капли: $F_{\pi} = F_{\text{тяж}}$, тогда:

$$\sigma \pi d = m_0 g \quad (\text{т.к. } l = \pi \cdot d)$$

$$\sigma = \frac{m_0 g}{\pi d}$$



m_0 – масса капли, d – диаметр капли, $g=9,8\text{м/с}^2$ – ускорение свободного падения, $\pi=3,14$.

Вариант №1

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу пустой ампулы с пробкой m_0 .
2. Приоткрыв зажим капельницы, отсчитать в ампулу 30-50 капель n .
3. Определить массу ампулы с каплями m_2 .
4. Определить массу одной капли: $m_0 = \frac{m_2 - m_1}{n}$
5. По формуле определить величину коэффициента поверхностного натяжения воды.
6. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
7. Значение $\sigma_{\text{табл}}$ выписать из таблицы «Коэффициенты поверхностного натяжения некоторых жидкостей».

Величины с единицами измерений	d , м	n	m_1 , кг	m_2 , кг	m_0 , кг	σ , Н/м	$\sigma_{\text{табл}}$ Н/м	δ_{σ} %
Результаты измерений и вычислений								

8. Рассчитать погрешность по формуле:

$$\delta_{\sigma} = \frac{|\sigma - \sigma_{\text{табл}}|}{\sigma_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

9. Сделать вывод о проделанной работе, объяснить погрешность.

Часть II.

Ответить на вопросы.

1. Почему площадь свободной поверхности жидкости минимальна?
2. Почему молекулы, находящиеся на поверхности жидкости, не движутся ускоренно вниз под действием сил притяжения соседних молекул?

Вариант №2

Порядок выполнения работы.

Часть I.

1. Определить массу пустой ампулы с пробкой m_0 .
2. Приоткрыв зажим капельницы, отсчитать в ампулу 30-50 капель n .
3. Определить массу ампулы с каплями m_2 .
4. Определить массу одной капли: $m_0 = \frac{m_2 - m_1}{n}$
5. По формуле определить величину коэффициента поверхностного натяжения воды.
6. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.
7. Значение $\sigma_{\text{табл}}$ выписать из таблицы «Коэффициенты поверхностного натяжения некоторых жидкостей».

Величины с единицами измерений	d , $м$	n	m_1 , $кг$	m_2 , $кг$	m_0 , $кг$	σ , $Н/м$	$\sigma_{\text{табл}}$ $Н/м$	δ_{σ} $\%$
Результаты измерений и вычислений								

8. Рассчитать погрешность по формуле:

$$\delta_{\sigma} = \frac{|\sigma - \sigma_{\text{табл}}|}{\sigma_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

9. Сделать вывод о проделанной работе, объяснить погрешность.

Часть II.

Контрольные вопросы:

1. Почему число молекул, приходящееся на единицу поверхности жидкости, не изменяется при увеличении площади поверхности?
2. Отличается ли и почему давление воздуха внутри мыльного пузыря от атмосферного?

Лабораторная работа №4

«Измерение модуля упругости (модуля Юнга) резины»

Цель работы:

1. Вычислить модуль упругости резины.
2. Ответить на вопросы.

Оборудование: штатив с муфтой и лапкой, резиновый шнур, грузы, линейка, штангенциркуль, динамометр.

Пояснение к работе.

Исходя из закона Гука, модуль Юнга E вычисляется по формуле

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon},$$

где σ – механическое напряжение $\sigma = \frac{F}{S}$;

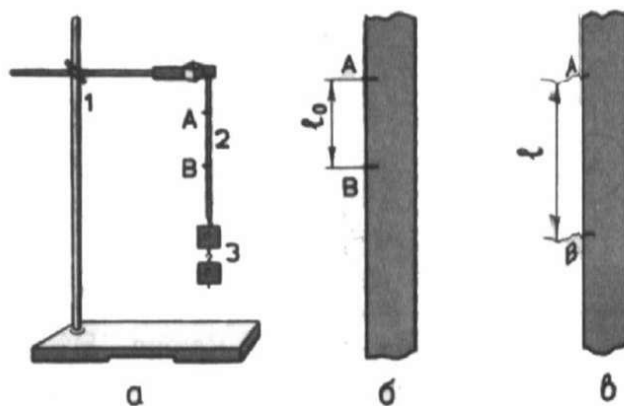
F -сила упругости в шнуре, равная весу подвешенных к шнуру грузов;

S - площадь поперечного сечения деформированного шнура;

ε - относительное удлинение $\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0}$;

l_0 -расстояние между метками А и В на нерастянутом шнуре (рис.б)

l – расстояние между этими же метками на растянутом шнуре (рис.в).



Если поперечное сечение шнура имеет форму круга, то площадь сечения выражается через диаметр шнура:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}$$

Вес грузов определяется динамометром, диаметр шнура – микрометром или штангенциркулем, расстояние между метками А и В – линейкой.

Относительная δ и абсолютная Δ погрешности измерений величин определяются по формулам

$$\delta_\sigma = \frac{\Delta F}{F} + 2 \frac{\Delta D}{D}$$

$$\delta_\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} + 2 \frac{\Delta l}{l - l_0}$$

$$\delta_E = \delta_\sigma + \delta_\varepsilon$$

$$\Delta\sigma = \delta_\sigma \cdot \sigma$$

$$\Delta\varepsilon = \delta_\varepsilon \cdot \varepsilon$$

$$\Delta E = \delta_E \cdot E$$

Порядок выполнения работы.

1. Подготовьте бланк отчета с таблицей для записи результатов измерений и вычислений.
2. Соберите измерительную установку.
3. Нанесите метки на резиновом шнуре.
4. Измерьте расстояние между метками А и В на нерастяннутом шнуре.
5. Подвесьте грузы к нижнему концу шнура, предварительно определив их вес. Измерьте расстояние между метками на шнуре и диаметр шнура в растянутом состоянии.
6. Вычислите модуль Юнга резины, относительную и абсолютную погрешности измерения модуля Юнга.
7. Прделайте пункты 5, 6 не менее, чем для пяти различных грузов.
8. Постройте диаграмму растяжения резиновой нити и сделайте вывод о выполнении закона Гука.

№ Опыт а	Измерено				Рассчитано						
	l_0 , м	l , м	D , м	F , Н	σ , Па	$\Delta\sigma$, Па	ε	$\Delta\varepsilon$	E , Па	δ_E	ΔE , Па
1											
2											

3											
4											
5											

Контрольные вопросы:

1. Почему модуль Юнга выражается столь большим числом?
2. Отметьте характерные точки на типичной диаграмме растяжения и назовите их.
3. При каких условиях можно пользоваться законом Гука?

Лабораторная работа №5

«Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника»

Цель работы:

1. Определить ускорение свободного падения;
2. Записать уравнение колебаний маятника и начертить график зависимости $x(t)$ для одного из опытов (по выбору).

Оборудование: маятник на штативе, линейка, транспортир, секундомер.

Пояснение к работе.

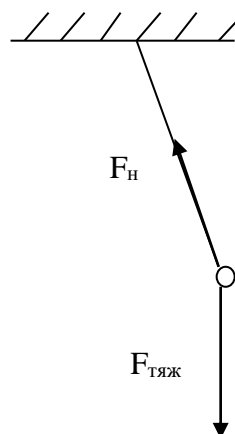
Колебания маятника являются *свободными*. Свободными (или собственными) колебаниями называются колебания, происходящие под действием внутренних сил в системе, выведенной из состояния равновесия и предоставленной самой себе. При выведении маятника из состояния равновесия он начинает совершать гармонические колебания, период которых определяется формулой Гюйгенса:

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

где l —длина маятника, g —ускорение свободного падения. Формула Гюйгенса применима, если угол отклонения маятника α не более 12° .

В данной работе ускорение свободного падения рассчитывается по формуле:

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2}$$



Период свободных колебаний маятника рассчитывается по формуле:

$T = \frac{t}{n}$, где t —время колебаний, n —число колебаний.

В ходе лабораторной работы выполняется три опыта с разными длинами маятника, результаты измерений и вычислений записываются в таблицу.

Порядок выполнения работы.

Часть I.

Определение ускорения свободного падения.

1. Нить маятника отпустить на максимальную длину (не более 1м), измерить и записать длину маятника l_1 в первом опыте.
2. Отклонить маятник на угол 10° , отсчитать 50 колебаний и записать время t_1 этих колебаний.
3. Повторить опыт ещё два раза, уменьшая длину маятника до l_2 и l_3 , при этом также отсчитывается 50 колебаний и записывается время этих колебаний соответственно t_2 и t_3 .

4. Вычислить периоды колебания маятника в каждом опыте T_1 , T_2 , T_3 по формуле:

$$T_i = \frac{t_i}{n}, \text{ где } i \text{ — номер опыта.}$$

5. Вычислить ускорение свободного падения для каждого опыта g_1 , g_2 , g_3 по формуле:

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot l}{T^2}$$

6. Вычислить среднее значение g_{cp} по формуле:

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

7. Вычислить абсолютную погрешность в каждом опыте по формуле:

$$\Delta g_i = |g_i - g_{cp}|.$$

8. Вычислить среднее значение абсолютной погрешности по формуле:

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

9. Вычислить относительную погрешность опыта по формуле:

$$\delta_g = \left| \frac{\Delta g_{cp}}{g_{cp}} \right| \cdot 100\%$$

10. Таблица измерений и вычислений.

№ опыта	n	t, c	T, c	$g, м/с^2$	$\Delta g, м/с^2$	δ_g
1						
2						
3						
Среднее значение величины						

11. Сделать вывод и объяснить погрешность.

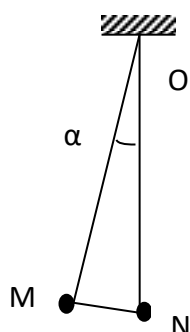
Часть II.

Уравнение гармонических колебаний математического маятника и график зависимости смещения от времени.

Задание:

1. Составить уравнение гармонических колебаний математического маятника $x(t)$ по результатам лабораторной работы;
2. Начертить график зависимости $x(t)$.

Указание к выполнению работы.



$ON=l$, $MN=A$, где l —длина маятника, A —амплитуда колебаний.

Т.к. $\alpha=10^\circ$ (малый угол), амплитуда колебаний может быть рассчитана по формуле:

$$A = l \cdot \sin \alpha$$

(в пределах допустимой погрешности)

Порядок выполнения работы.

(Примечание: использовать экспериментальные данные, полученные в результате выполнения первого опыта в части I лабораторной работы)

1. Записать значение длины маятника l (в сантиметрах), периода колебаний T (в секундах) и угла отклонения $\alpha=10^\circ$.
2. Рассчитать амплитуду колебания маятника: $A = l \cdot \sin \alpha$
3. Рассчитать циклическую частоту по формуле: $\omega = \frac{2\pi}{T}$
4. Составить уравнение колебаний по формуле:

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

5. Начертить график зависимости смещения маятника x от времени t (x —в сантиметрах, t —в секундах, $t \geq 0$).

Лабораторная работа №6

«Определение зависимости силы тока от напряжения по закону Ома»

Цель работы:

1. Определить зависимость силы тока от напряжения и построить график $I(U)$;
2. Определить зависимость силы тока от сопротивления и построить график $I(R)$;

Оборудование: реостат, источник постоянного тока, лампочка, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Пояснение к работе

Электрический ток в металлических проводниках обусловлен направленным движением свободных электронов. Для существования электрического тока в проводнике необходимо создать разность потенциалов на его концах, то есть *напряжение* U (единица измерения *вольт*(В)). Основной характеристикой электрического тока является *сила тока* I (единица измерения *ампер*(А)): $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

где Δq —электрический заряд, прошедший через поперечное сечение проводника, Δt —промежуток времени его прохождения. Зависимость силы тока от напряжения впервые была получена экспериментально в 1826 г. немецким учёным Георгом Омом. Закон Ома:

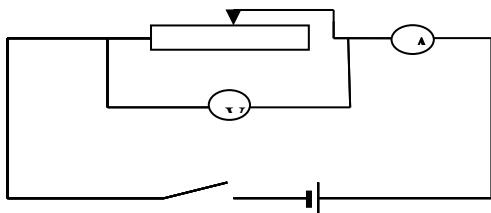
Сила тока в однородном проводнике прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника: $I = \frac{U}{R}$

Зависимость силы тока от приложенного к нему напряжения называют *вольт-амперной характеристикой проводника*.

Порядок выполнения работы.

Часть I. Определение зависимости силы тока I от сопротивления R .

1. Составить электрическую цепь по заданной схеме:



2. Выставить ползунок реостата в положение наибольшего сопротивления и замкнуть цепь.

3. Менять положение ползунка реостата и записывать показания амперметра и вольтметра в таблицу, предварительно определив цену деления приборов (выполнить 5-7 опытов).
4. Для каждого опыта вычислить сопротивление реостата по формуле:

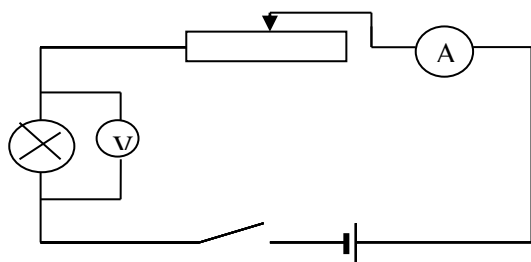
$$R = \frac{U}{I}$$

5. Таблица №1 измерений и вычислений.

Величины, № опыта	I, A	U, B	R, Ω
1			
2			
3			
4			
5			

Часть II. Определение зависимости силы тока I от напряжения U по закону Ома.

Составить электрическую цепь по заданной схеме:



1. Выставить ползунок реостата в положение наибольшего сопротивления и замкнуть цепь.
2. Менять положение ползунка реостата и записывать показания амперметра и вольтметра в таблицу (выполнить 5-7 опытов).
3. Таблица №2 измерений.

Величины, № опыта	I, A	U, B
1		
2		
3		
4		
5		

4. Построить графики зависимости:
 - $I(R)$ по результатам измерений и вычислений в части №1;
 - $I(U)$ по результатам измерений в части №2;
5. Сделать вывод о характере зависимости $I(R)$ и $I(U)$.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение силы тока.
2. Какой проводник называют однородным?

Лабораторная работа №7

«Определение удельного сопротивления проводника»

Цель работы:

1. Вычислить удельное сопротивление провода реостата.
2. Определить вещество из которого изготовлен проводник.

Оборудование: 1. Источник тока. 2. Амперметр. 3. Вольтметр. 4. Реостат. 5. Ключ. 6. Соединительные провода. 7. Линейка. 8. Штангенциркуль.

Пояснение к работе

Сопротивление металлических проводников зависит от геометрических размеров и рода материала, из которого сделан проводник

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

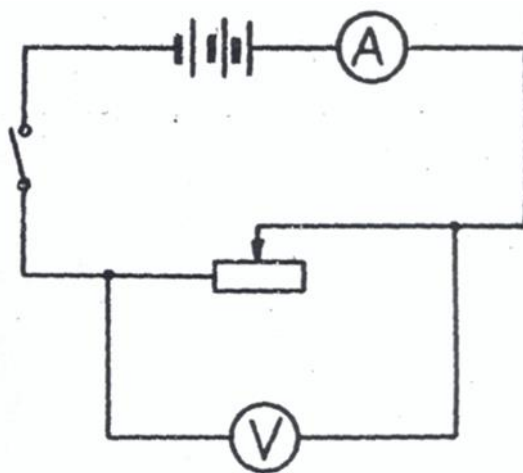
где R – электрическое сопротивление проводника, l – длина проводника, S – площадь поперечного сечения проводника, ρ – удельное сопротивление проводника.

В качестве исследуемого тела рассматривается проволока, из которой изготовлен реостат. Для измерения сопротивления необходимо знать силу тока и напряжение на реостате и использовать закон Ома

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

Порядок выполнения работы

1. Составить электрическую цепь по заданной схеме



2. Поставить ползунок реостата примерно в среднее положение.

3. Замкнуть электрическую цепь, снять показания амперметра и вольтметра.

4. Рассчитать сопротивление проводника по формуле

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

5. Измерить диаметр реостата штангенциркулем (D)

6. Подсчитать число витков проволоки, введенных в электрическую цепь. (n)

7. Определить длину провода, по которому течет ток по формуле: $(l = \pi D \cdot n)$

8. Измерить линейкой длину части реостата, введенной в электрическую цепь. (a)

9. Найти диаметр проволоки по формуле:

$$d = \frac{a}{n}$$

10. Определить площадь поперечного сечения проволоки по формуле: $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

11. Рассчитать удельное сопротивление проводника по формуле:

$$\rho_1 = \frac{RS}{l}$$

12. Ползунок реостата передвинуть в другое положение.

Опыт повторить, начиная с пункта № 2.

13. Рассчитать удельное сопротивление по формуле:

$$\rho_2 = \frac{RS}{l}$$

14. По результатам двух опытов найдите среднее значение удельного сопротивления проводника.

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

15. Найти абсолютную погрешность по формулам:

$$\Delta\rho_1 = |\rho_{\text{ср}} - \rho_1|$$

$$\Delta\rho_2 = |\rho_{\text{ср}} - \rho_2|$$

$$\Delta\rho_{\text{ср}} = \frac{\Delta\rho_1 + \Delta\rho_2}{2}$$

16. Рассчитать относительную погрешность по формуле:

$$\delta_\rho = \frac{\Delta\rho_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

17. Результаты всех измерений и вычислений занесите в таблицу.

№ опыта	I(A)	U(B)	R(Ом)	Диаметр реостата D(м)	Диаметр проволоки d(м)	Число витков n	S(м ²)	Удельное сопротивление ρ	Относительная погрешность δ_ρ
1									
2									

18. Сделайте вывод. Удалось ли вам определить удельное сопротивление проводника.(по таблице определить род вещества)

Часть II.

Вариант 1

1. Определите сопротивление алюминиевого провода длиной 100м и площадью поперечного сечения 2,8 мм².

Вариант 2

1. Рассчитайте удельное сопротивление меди, провод из которой длиной 500м и площадью поперечного сечения 0,1мм² имеет сопротивление 85 Ом.

Вариант 3

1. Найдите площадь поперечного сечения алюминиевого провода длиной 0,5км, имеющего сопротивление 7 Ом.

Лабораторная работа №8

«Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания от напряжения на её зажимах»

Цель работы:

1. Определить зависимость мощности тока, потребляемой лампой накаливания, от напряжения на её зажимах и построить график $P(U)$;

2. Определить зависимость сопротивления лампы накаливания от напряжения на её зажимах и построить график $R(U)$;

Оборудование: реостат, источник постоянного тока, лампочка, амперметр, вольтметр, ключ, соединительные провода.

Пояснение к работе

Известно, что мощностью называют величину, характеризующую скорость выполнения работы, т.е. энергию, потребляемую за единицу времени:

Мощность электрического тока—работа, совершаемая в единицу времени электрическим полем при упорядоченном движении заряженных частиц в проводнике.

$P = \frac{A}{t}$, тогда, используя формулу работы электрического тока $A = I \cdot U \cdot t$, мощность тока равна: $P = I \cdot U$ (1)

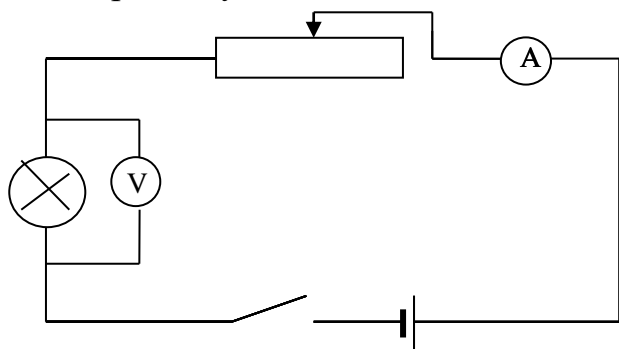
Для исследования зависимости $P(U)$ воспользуемся законом Ома для участка проводника

$I = \frac{U}{R}$, тогда формула (1) примет вид: $P = \frac{U^2}{R}$ (2)

Таким образом, при постоянном значении сопротивления лампы R , мощность тока характеризуется зависимостью: $P \sim U^2$. Однако, при увеличении силы тока I (т.к. по закону Ома $I \sim U$), нить накала лампы нагревается, и её сопротивление возрастает.

Порядок выполнения работы.

1. Составить электрическую цепь по заданной схеме:



2. Выставить ползунок реостата в положение наибольшего сопротивления и замкнуть цепь.
3. Менять положение ползунка реостата и записывать показания амперметра и вольтметра в таблицу (выполнить 5-7 опытов).
4. Вычислить значение мощности лампы по формуле (1) и сопротивления лампы по формуле $R = \frac{U}{I}$ для каждого опыта.
5. Таблица измерений и вычислений.

Величины, № опыта	I, A	U, B	P, Bm	$R, Ом$
1				
2				
3				
4				
5				

6. Построить графики зависимости:
 - $P(U)$ по результатам измерений и вычислений;
 - $R(U)$ по результатам измерений;
7. Сделать вывод о характере зависимости $P(U)$ и $R(U)$;

Контрольные вопросы:

1. На что расходуется энергия направленного движения заряженных частиц в проводнике?
2. Почему при увеличении температуры увеличивается число столкновений электронов с атомами кристаллической решётки проводника?

Лабораторная работа №9

«Определение показателя преломления стекла»

Цель работы:

1. Определить абсолютный показатель преломления стекла;
2. Ответить на вопросы.

Оборудование: стеклянная пластинка с параллельными гранями, четыре булавки, транспортир.

Пояснение к работе.

На границе раздела двух сред свет, падающий из первой среды, отражается в неё обратно. Если вторая среда прозрачна, то свет частично может пройти через границу раздела сред. При этом, как правило, он меняет скорость и направление распространения, т.е. испытывает *преломление*.

Преломление — изменение направления распространения волн при прохождении из одной среды в другую.

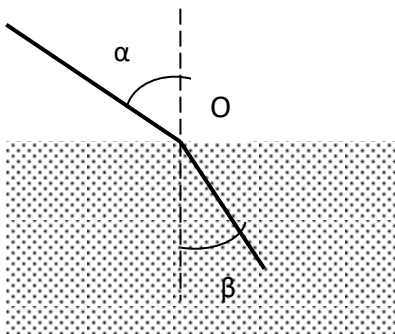
Угол падения α — угол между падающим лучом и перпендикуляром к границе раздела, восстановленным в точке падения луча.

Угол преломления β — угол между преломлённым лучом и перпендикуляром к границе раздела, восстановленным в точке падения луча.

Закон преломления волн:

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная отношению скоростей света в этих средах: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2}$.

В любой среде свет распространяется со скоростью, меньшей скорости света в вакууме, и величина, характеризующая уменьшение скорости света в среде по сравнению с вакуумом, называется абсолютный показатель преломления среды — физическая величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в среде: $n = \frac{v_1}{v_2}$.



Закон преломления

Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно отношению абсолютных показателей преломления второй среды относительно первой: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$

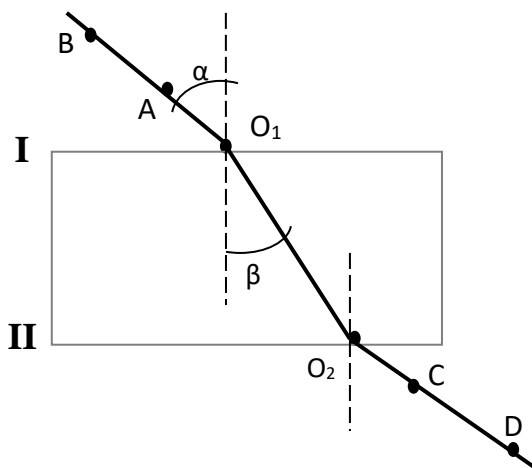
При переходе луча света из вакуума (из воздуха) в среду с показателем преломления n закон преломления можно записать следующим образом:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n(1)$$

Порядок выполнения работы.

Часть I. Определение абсолютного показателя преломления стекла.

1. На середину листа тетради положить стеклянную пластинку с параллельными гранями и очертить её параллельные грани.



1. Вблизи от I параллельной грани пластинки вколоть булавку A.
2. Расположив глаз на уровне тетради и глядя сквозь пластинку, вколоть в тетрадь последовательно одну за другой булавки B, C и D так, чтобы они казались расположенными на одной прямой.
3. Снять пластинку с тетради и вынуть булавки, отметив места проколов точками.
4. Через точки B и A и точки C и D провести прямые линии до пересечения с соответствующими преломляющими гранями пластинки и соединить точки преломления.
5. В точках преломления луча O_1 и O_2 провести перпендикуляры к соответствующим граням пластинки.
6. Транспортиром измерить углы падения α и преломления β луча и найти синусы этих углов.
7. Определить показатель преломления стекла по формуле (1).
8. Повторить опыт с п.1, направив падающий луч под другим углом.

9. Вычислить среднее значение показателя преломления $n_{ср}$.

10. Рассчитать погрешность по формуле: $\delta_n = \frac{|n_{табл} - n_{ср}|}{n_{табл}} \cdot 100\%$

11. Сделать вывод о проделанной работе, объяснить погрешность.

12. Таблица измерений и вычислений.

Номер опыта	α	$\sin \alpha$	β	$\sin \beta$	n	$n_{ср}$	$n_{табл}$	δ_n
-------------	----------	---------------	---------	--------------	-----	----------	------------	------------

1							1,5	
2								

Контрольные вопросы:

1. Какое физическое явление называют преломлением света? Какой угол называют углом преломления?
2. Какую физическую величину называют абсолютным показателем преломления? Что она характеризует?

Практическая работа №1

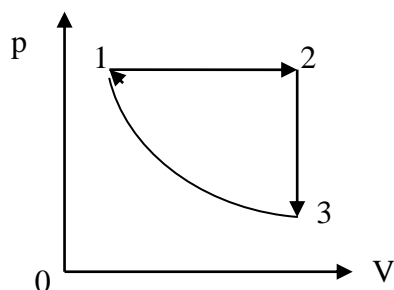
«Уравнение Клапейрона-Менделеева. Циклические процессы в газах»

Вариант №1

Пояснение к работе.

При выполнении данной работы необходимо полностью переписывать условие задачи №1 и задание №2.

1. Резиновая камера содержит воздух при температуре 300К и давлении 10^5 Па. Камеру опустили в воду с температурой 277К, при этом объём камеры уменьшился в 2 раза. Каково давление на этой глубине.
2. На графике зависимости $p(V)$ представлен циклический процесс в идеальном газе. Представить этот процесс в координатных осях $p(T)$ и $V(T)$.

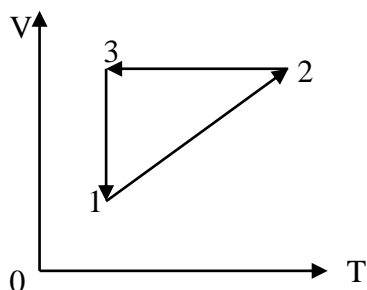


Вариант №2

Пояснение к работе.

При выполнении данной работы необходимо полностью переписывать условие задачи №1 и задание №2.

1. Определить массу углекислого газа (CO_2), находящегося в баллоне объёмом 6см^3 , если давление газа 8,3 МПа, а температура 27°C .
2. На графике зависимости $V(T)$ представлен циклический процесс в идеальном газе. Представить этот процесс в координатных осях $p(T)$ и $p(V)$.

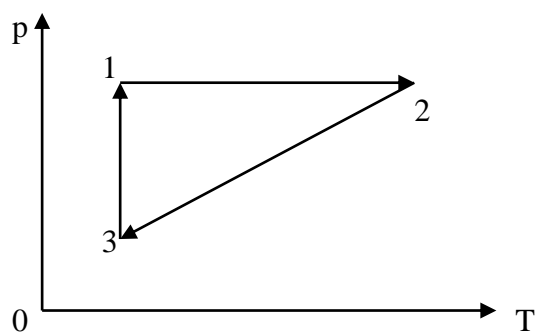


Вариант №3

Пояснение к работе.

При выполнении данной работы необходимо полностью переписывать условие задачи №1 и задание №2.

1. Под каким давлением находится воздух при 0°C , если его плотность $6,4\text{кг/м}^3$? Молярная масса воздуха 29г/моль .
2. На графике зависимости $p(T)$ представлен циклический процесс в идеальном газе. Представить этот процесс в координатных осях $V(T)$ и $p(V)$.

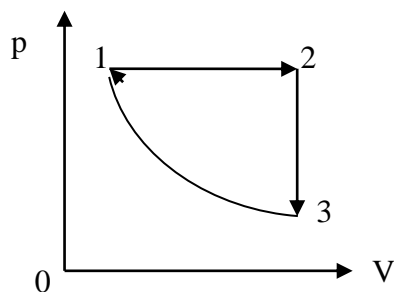


Вариант №4

Пояснение к работе.

При выполнении данной работы необходимо полностью переписывать условие задачи №1 и задание №2.

1. Резиновая камера содержит воздух при температуре 300K и давлении 10^5Па . Камеру опустили в воду с температурой 277K , при этом объём камеры уменьшился в 2 раза. Каково давление на этой глубине?
2. На графике зависимости $p(V)$ представлен циклический процесс в идеальном газе. Представить этот процесс в координатных осях $p(T)$ и $V(T)$.



Практическая работа №2

«Определение относительной и абсолютной влажности воздуха»

Вариант 1

Цель работы:

- Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении.
- Научиться решать задачи на определение влажности воздуха.

Приборы и материалы: психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Пояснение к работе.

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, прикреплённых к штативу или к специальной панели. Термометры показывают температуру сухого (комнатного воздуха) и влажного воздуха (второй термометр помещен во влажную марлю). Разность температур между этими термометрами отражает влажность комнатного воздуха.

Атмосферный воздух на Земле всегда содержит некоторое количество водяного пара. Фактическое содержание водяного пара (масса) в 1м^3 называется *абсолютной влажностью воздуха* и по сути является плотностью водяного пара: $[\rho]=\text{кг}/\text{м}^3$. Однако, степень влажности воздуха характеризуется *относительной влажностью воздуха* – процентное отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности насыщенного пара ρ_n при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

(Насыщенным называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии со своей жидкостью).

Относительная влажность воздуха определяется также отношением *парциального давления* p (давление части газа, входящего в смесь газов) водяного пара к давлению насыщенного пара p_n при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

Порядок выполнения работы.

Часть I

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Снять показания психрометра в классе.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ Измерения	Показание термометров		Разность показаний термометров $С^{\circ}$	Относительная влажность воздуха φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м ³	Точка росы, T_p , К
	Сухого, $С^{\circ}$	Смоченного, $С^{\circ}$				
1						

5. Сделать вывод.

Часть II (расчётная)

Решить задачи.

1. Относительная влажность воздуха при $20^{\circ} С$ равна 58%. При какой максимальной температуре выпадет роса?
2. Сколько надо испарить воды в 1000 м^3 воздуха, относительная влажность которого 40% при 283К, чтобы увлажнить его до 60% при 290 К?

Часть III (ответить на вопросы)

1. Что такое абсолютная влажность?
2. Расскажите об устройстве и принципе работы психрометра.

Вариант 2

Цель работы:

- Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении.
- Научиться решать задачи на определение влажности воздуха.

Приборы и материалы: психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Пояснение к работе.

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, прикреплённых к штативу или к специальной панели. Термометры показывают температуру сухого (комнатного воздуха) и влажного воздуха (второй термометр помещен во влажную марлю). Разность температур между этими термометрами отражает влажность комнатного воздуха.

Атмосферный воздух на Земле всегда содержит некоторое количество водяного пара. Фактическое содержание водяного пара (масса) в 1 м^3 называется *абсолютной влажностью воздуха* и по сути является плотностью водяного пара: $[\rho] = \text{кг/м}^3$. Однако, степень влажности воздуха характеризуется *относительной влажностью воздуха* — процентное отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности насыщенного пара ρ_n при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_H} \cdot 100\%$$

(Насыщенным называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии со своей жидкостью).

Относительная влажность воздуха определяется также отношением *парциального давления* p (давление части газа, входящего в смесь газов) водяного пара к давлению насыщенного пара p_H при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_H} \cdot 100\%$$

Порядок выполнения работы.

Часть I

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Снять показания психрометра в классе.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ Измерения	Показание термометров		Разность показаний термометров t , $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м^3	Точка росы, T_r , $^{\circ}\text{C}$
	Сухого, t_s , $^{\circ}\text{C}$	Смоченного, t_m , $^{\circ}\text{C}$				
1						

5. Сделать вывод.

Часть II (расчётная)

Решить задачи.

1. Воздух при температуре 303 К имеет точку росы при 286 К. Определить абсолютную и относительную влажность воздуха.
2. При 28° С относительная влажность воздуха 50%. Определить массу выпавшей росы из 1 км^3 воздуха при понижении температуры до 12° С.

Часть III (ответить на вопросы)

1. Почему ласточки летают низко перед дождём?
2. Какие приборы служат для измерения влажности?

Вариант 3

Цель работы:

- Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении.
- Научиться решать задачи на определение влажности воздуха.

Приборы и материалы: психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Пояснение к работе.

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, прикрепленных к штативу или к специальной панели. Термометры показывают температуру сухого (комнатного воздуха) и влажного воздуха (второй термометр помещен во влажную марлю). Разность температур между этими термометрами отражает влажность комнатного воздуха.

Атмосферный воздух на Земле всегда содержит некоторое количество водяного пара. Фактическое содержание водяного пара (масса) в 1 м^3 называется *абсолютной влажностью воздуха* и по сути является плотностью водяного пара: $[\rho]=\text{кг}/\text{м}^3$. Однако, степень влажности воздуха характеризуется *относительной влажностью воздуха* – процентное отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности насыщенного пара ρ_n при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

(Насыщенным называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии со своей жидкостью).

Относительная влажность воздуха определяется также отношением *парциального давления* p (давление части газа, входящего в смесь газов) водяного пара к давлению насыщенного пара p_n при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

Порядок выполнения работы.

Часть I

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Снять показания психрометра в классе.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ Измерения	Показание термометров		Разность показаний термометров С°	Относительная влажность воздуха φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м ³	Точка росы, Тр, К
	Сухого, С°	Смоченного, С°				
1						

5. Сделать вывод.

Часть II (расчётная)

Решить задачи.

1. В комнате объемом 200 м³ относительная влажность воздуха при 20° С равна 70%. Определить массу водяных паров в воздухе комнаты.

2. Относительная влажность воздуха при 273 К равна 40%. Выпадет ли иней, если температура почвы понизится до 268 К? Почему?

Часть III (ответить на вопросы)

1. «Сухой» и «влажный» термометр психрометра показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?

2. Ночью при густой облачности не бывает росы. Почему?

Вариант 4

Цель работы:

- Определить абсолютную и относительную влажность воздуха в помещении.
- Научиться решать задачи на определение влажности воздуха.

Приборы и материалы: психрометр, психрометрическая таблица, таблица «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

Пояснение к работе.

Психрометр состоит из двух одинаковых термометров, прикреплённых к штативу или к специальной панели. Термометры показывают температуру сухого (комнатного воздуха) и влажного воздуха (второй термометр помещен во влажную марлю). Разность температур между этими термометрами отражает влажность комнатного воздуха.

Атмосферный воздух на Земле всегда содержит некоторое количество водяного пара. Фактическое содержание водяного пара (масса) в 1 м³ называется *абсолютной влажностью воздуха* и по сути является плотностью водяного пара: $[\rho] = \text{кг/м}^3$. Однако, степень влажности воздуха характеризуется *относительной влажностью воздуха* – процентное отношение абсолютной влажности воздуха ρ к плотности насыщенного пара ρ_n при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} \cdot 100\%$$

(Насыщенным называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии со своей жидкостью).

Относительная влажность воздуха определяется также отношением *парциального давления* p (давление части газа, входящего в смесь газов) водяного пара к давлению насыщенного пара p_n при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$$

Порядок выполнения работы.

Часть I

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Снять показания психрометра в классе.
2. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
3. Рассчитать абсолютную влажность воздуха и определить точку росы используя таблицу «Давление и плотность насыщенного водяного пара при различных температурах».

$$\rho_a = \frac{\varphi \cdot \rho_0}{100\%}$$

4. Результаты в таблицу:

№ Измерения	Показание термометров		Разность показаний термометров $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха φ , %	Абсолютная влажность воздуха, ρ_a , кг/м^3	Точка росы, T_r , К
	Сухого, $^{\circ}\text{C}$	Смоченного, $^{\circ}\text{C}$				
1						

5. Сделать вывод.

Часть II (расчётная)

Решить задачи.

1. В комнате объемом 150 м^3 при температуре 25°C содержится $2,07 \text{ кг}$ водяных паров. Определить абсолютную и относительную влажности воздуха.
2. При температуре 300 К влажность воздуха 30% . При какой температуре влажность этого воздуха будет 50% ?

Часть III (ответить на вопросы)

1. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра? При каком условии разность показаний термометров наибольшая?
2. Температура в помещении понижается, а абсолютная влажность остается прежней. Как изменится разность показаний термометров психрометра?

3. Почему после жаркого дня роса бывает более обильна?

Практическая работа №3

«Определение электрохимического эквивалента меди»

Вариант №1.

Цель работы:

- рассмотреть процесс электролиза сульфата меди (эксперимент);
- определить электрохимический эквивалент меди.

Приборы и материалы: сосуд для определения электрохимического эквивалента вещества, водный раствор сульфата меди, два медных электрода, источник постоянного тока, реостат, амперметр, лампа, провода, ключ, часы(секундомер).

Порядок выполнения работы.

Часть I (демонстрационная).

В тетради начертить схему эксперимента.

Часть II (расчётная).

1. Формула для определения электрохимического эквивалента меди выводится из I закона Фарадея: $m = k \cdot I \cdot \Delta t$

$$k = \frac{m}{I \cdot \Delta t} \quad [k] = \text{кг/Кл}$$

2. Записать в таблицу следующие параметры эксперимента:

- масса катода до опыта: $m_1 = 7,304 \text{ г}$
- масса катода после опыта: $m_2 = 7,527 \text{ г}$
- сила тока во время опыта: $I = 1,2 \text{ А}$
- время протекания тока: $\Delta t = 10 \text{ мин}$

3. Рассчитать и записать в таблицу:

- массу выделившейся меди: $m = m_2 - m_1$
- электрохимический эквивалент меди: $k_{\text{оп}} = \frac{m}{I \cdot \Delta t}$

4. Выписать из справочной таблицы электрохимический эквивалент меди.

5. Определить величину относительной погрешности по формуле:

$$\delta_k = \frac{|k_{\text{табл}} - k_{\text{оп}}|}{k_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

6. Таблица.

$m_1, \text{ кг}$	$m_2, \text{ кг}$	$m, \text{ кг}$	$\Delta t, \text{ с}$	$I, \text{ А}$	$k_{\text{оп}}, \text{ кг/Кл}$	$k_{\text{табл.}}, \text{ кг/Кл}$	$\delta_k, \%$

7. Сделать вывод. Объяснить погрешность.

Часть III (ответить на вопросы).

1. Какое физическое явление называется электролизом?
2. Чем можно объяснить, что раствор, в котором имеются ионы, в целом электрически нейтрален?
3. В каком случае опаснее дотрагиваться до проводов с током, когда руки сухие, или когда они мокрые? (ответ пояснить)

Вариант №2.

Цель работы:

- рассмотреть процесс электролиза сульфата меди (с применением мультимедийной техники);
- определить электрохимический эквивалент меди.

Приборы и материалы: сосуд для определения электрохимического эквивалента вещества, водный раствор сульфата меди, два медных электрода, источник постоянного тока, реостат, амперметр, провода, ключ, часы(секундомер).

Порядок выполнения работы.

Часть I (демонстрационная с применением мультимедийной техники).

В тетради начертить схему эксперимента.

Часть II (расчётная).

1. Формула для определения электрохимического эквивалента меди выводится из I закона Фарадея: $m = k \cdot I \cdot \Delta t$

$$k = \frac{m}{I \cdot \Delta t} \quad [k] = \text{кг/Кл}$$

2. Записать в таблицу следующие параметры эксперимента:

- масса катода до опыта: $m_1 = 4,359 \text{ г}$
- масса катода после опыта: $m_2 = 4,680 \text{ г}$
- сила тока во время опыта: $I = 1,5 \text{ А}$
- время протекания тока: $\Delta t = 10 \text{ мин}$

3. Рассчитать и записать в таблицу:

- массу выделившейся меди: $m = m_2 - m_1$
- электрохимический эквивалент меди: $k_{\text{оп}} = \frac{m}{I \cdot \Delta t}$

4. Выписать из справочной таблицы электрохимический эквивалент меди.

5. Определить величину относительной погрешности по формуле:

$$\delta_k = \frac{|k_{\text{табл}} - k_{\text{оп}}|}{k_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

6. Таблица.

$m_1, \text{ кг}$	$m_2, \text{ кг}$	$m, \text{ кг}$	$\Delta t, \text{ с}$	$I, \text{ А}$	$k_{\text{оп}}, \text{ кг/Кл}$	$k_{\text{табл}}, \text{ кг/Кл}$	$\delta_k, \%$

7. Сделать вывод. Объяснить погрешность.

Часть III (ответить на вопросы).

1. Какое физическое явление называют электролитической диссоциацией?
2. Имеются ли в электролитах свободные электроны? (ответ пояснить)
3. Почему безводная серная кислота может храниться и в железной ёмкости, а её водный раствор—только в стеклянной?

Практическая работа №4

«Режимы работы трансформатора. Конденсатор в цепи переменного тока»

Цель работы:

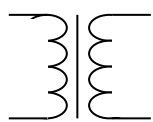
3. Изучить режим холостого хода и рабочий режим трансформатора и определить коэффициент трансформации и коэффициент полезного действия трансформатора;
4. Проанализировать демонстрационный эксперимент и ответить на вопрос: «Как зависит напряжение лампы накаливания от электроёмкости конденсаторной батареи?».
5. Решить задачу, записав исходные данные для своего варианта.

Оборудование: трансформатор, два астатических амперметра, вольтметр, лампочка накаливания, ключ, соединительные провода, батарея конденсаторов, лампа накаливания, сеть переменного тока.

Пояснение к работе.

Одно из важных преимуществ переменного тока перед постоянным заключается в том, напряжение переменного тока легко поддается изменению с помощью электромагнитной индукции.

Трансформатор — аппарат, преобразующий напряжение и силу переменного тока при неизменной частоте.



Трансформатор состоит из замкнутого сердечника, сделанного из мягкой стали или феррита, на котором имеются две изолированные друг от друга катушки, называемые обмотками. Первичная обмотка включается в сеть переменного тока, а вторичная обмотка соединяется с потребителем.

При разомкнутой цепи вторичной обмотки — режим холостого хода, напряжение на её зажимах U_2 равно ЭДС, в первичной обмотке при этом течёт слабый ток I_1 , который называют током холостого хода. В режиме холостого хода определяют коэффициент трансформации $k = \frac{U_1}{U_2}$.

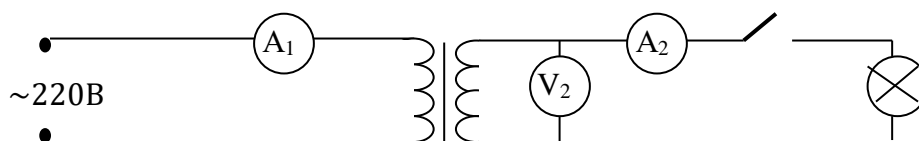
В рабочем режиме цепь вторичной обмотки замыкается, ток в первичной обмотке возрастает за счет явления электромагнитной индукции. Если пренебречь

сопротивлением обеих обмоток, то можно считать, что $I_1 \cdot U_1 \approx I_2 \cdot U_2$. В рабочем режиме определяется коэффициент полезного действия трансформатора $\eta = \frac{U_1}{U_2} \cdot 100\%$. При увеличении нагрузки на вторичной обмотке, КПД трансформатора возрастает.

Порядок выполнения работы.

Часть I. Определить коэффициент трансформации k и КПД трансформатора.

1. Собрать электрическую цепь по схеме, на первичной обмотке напряжение $U_1=220\text{В}$ (выполняется на преподавательском столе):



2. В режиме холостого хода (ключ разомкнут, на вторичной обмотке трансформатора нет нагрузки) измерить силу тока в первичной обмотке I_1 и напряжение на вторичной обмотке U_2 убедиться, что в цепи вторичной обмотки тока нет $I_2=0\text{ А}$.

3. Рассчитать коэффициент трансформации k

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

4. В рабочем режиме измерить силу тока в первичной обмотке I_1 , напряжение U_2 и силу тока I_2 на вторичной обмотке и рассчитать КПД трансформатора по формуле

$$\eta = \frac{U_1}{U_2} \cdot 100\%$$

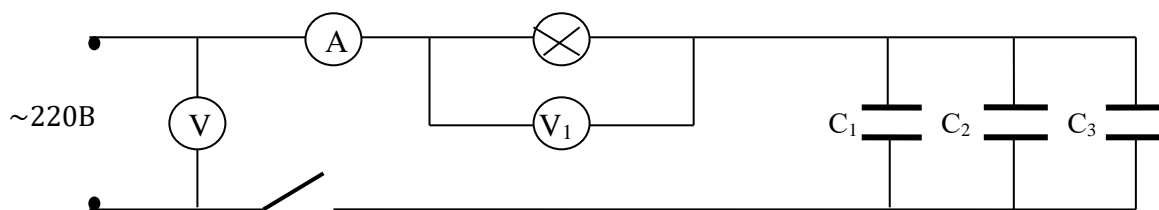
5. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.

Режимы работы трансформатора	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$	k	$\eta, \%$
Холостой ход						—
Рабочий режим					—	

6. Сделать вывод.

Часть II. Рассмотреть зависимость напряжения на лампе накаливания от электроёмкости конденсатора.

1. Собрать цепь по схеме:



2. Поочерёдно включать конденсаторы параллельно друг другу, увеличивая общую ёмкость:

$$C_1, \quad C_{1,2}=C_1+C_2, \quad C_{1,2,3}=C_1+C_2+C_3.$$

3. Записать результаты наблюдений и сделать вывод о характере зависимости напряжения на лампе от общей ёмкости.

Часть III. Решить задачу по вариантам по схеме части II.

В сеть переменного тока с напряжением $U=220\text{В}$ и частотой $\nu=50\text{Гц}$ включена лампочка сопротивлением R и поочерёдно включаются три конденсатора с ёмкостями C_1, C_2, C_3 . Определить падение напряжения на лампочке U_1 с одним конденсатором C_1 , $U_{1,2}$ с двумя конденсаторами и $U_{1,2,3}$ с тремя конденсаторами (с ёмкостями соответственно $C_1, C_{1,2}, C_{1,2,3}$).

Номер варианта соответствует номеру по журналу до №15, далее для выбора варианта из номера по журналу нужно вычесть 15.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$R, \text{ Ом}$	50	30	25	40	50	60	60	20	50	30	25	40	60	40	20
$C_1, \text{ мкФ}$	30	35	35	40	30	35	40	40	30	35	30	45	35	30	35
$C_2, \text{ мкФ}$	20	25	15	25	15	15	10	20	15	20	20	25	10	10	20
$C_3, \text{ мкФ}$	10	10	10	15	10	5	10	15	10	15	5	15	10	5	10