

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный университет путей сообщения»  
Сибирский колледж транспорта и строительства

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ПП.03 Физика

для специальности  
09.02. 01 «Компьютерные системы и комплексы»

Иркутск, 2023

Электронный документ выгружен из ЕИС ФГБОУ ВО ИрГУПС и соответствует оригиналу

Подписант ФГБОУ ВО ИрГУПС Трофимов Ю.А.

00a73c5b7b623a969ccad43a81ab346d50 с 08.12.2022 14:32 по 02.03.2024 14:32 GMT+03:00

Подпись соответствует файлу документа



РАССМОТРЕНО:  
ЦМК математики, физики  
Председатель ЦМК:  
Новикова Т.П.  
Протокол № 9  
«29» мая 2023г.

Составитель:

Подгорнов С.В., преподаватель высшей категории Сибирский колледж транспорта и строительства ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения»

<b>Содержание</b>	
Введение.....	4
Правила по безопасным условиям труда.....	5
Лабораторная №1 Определение плотности веществ .....	8
Лабораторная №2 Изучение закона сохранения механической энергии .....	10
Лабораторная №3 Определение ускорения свободного падения при помощи маятника .....	11
Лабораторная №4 Проверка закона Бойля-Мариотта.....	12
Лабораторная №5 Определение относительной влажности воздуха.....	13
Лабораторная №6 Определение поверхностного натяжения.....	15
Лабораторная №7 Определение удельной теплоемкости воды.....	17
Лабораторная №8 Определение сопротивления.....	18
Лабораторная №9 Изучение последовательного и параллельного соединения проводников.....	19
Лабораторная №10 Определение ЭДС источника .....	20
Лабораторная №11 Определение электрохимического эквивалента меди.....	21
Лабораторная №12 Определение длины волны.....	22
Лабораторная №13 Изучение треков заряженных частиц.....	23
Информационное обеспечение обучения .....	24

## **Введение**

Цель данного пособия – помочь студентам выполнить лабораторные работы, предусмотренные программой по физике, научить правильно определять погрешности и производить необходимую числовую обработку результатов лабораторного эксперимента.

Весь процесс выполнения лабораторных работ включает в себя теоретическую подготовку, ознакомление с приборами и сборку схем, проведение опыта и измерений, числовую обработку результатов лабораторного эксперимента и сдачу зачета по выполненной работе.

### **Теоретическая подготовка**

Теоретическая подготовка необходима для проведения физического эксперимента, должна проводиться студентом в порядке самостоятельной внеаудиторной работы. Ее следует начинать внимательным разбором руководства к данной лабораторной работе, а для более глубокого изучения рассматриваемого явления рекомендуется обратиться к литературе, указанной в руководстве.

Особое внимание в ходе теоретической подготовки должно быть обращено на понимание физической сущности процесса.

Для самоконтроля в каждой работе приведены контрольные вопросы, на которые студент обязан дать четкие, правильные ответы.

Теоретическая подготовка завершается предварительным составлением отчета со следующим порядком записей:

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Оборудование.
4. Ход работы (включает рисунки, схемы, таблицы, основные формулы для определения величин, а так же расчетные формулы для определения погрешностей измеряемых величин).
5. Расчеты – окончательная запись результатов работы.
6. Вывод.

## Правила по безопасным условиям труда

1. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны. Точно выполняйте указания учителя.
2. Не оставляйте рабочее место без разрешения учителя.
3. Располагайте приборы, материалы, оборудование на рабочем месте в порядке, указанном учителем.
4. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся для выполнения задания.
5. Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, уясните ход ее выполнения.
6. При использовании весов взвешиваемое тело кладут на левую чашку весов, а разновесы на правую.
7. Взвешиваемое тело и разновесы нужно опускать на чашки весов осторожно, не роняя их.
8. При окончании работы с весами разновесы и гири помещают в футляр, а не на стол.
9. При работе с динамометром нельзя нагружать его так, чтобы длина пружины превышала ограничитель на шкале.
10. При выполнении лабораторных работ, в которых применяются нитки, помните, что их нельзя обрывать пальцами, надо использовать ножницы.
11. При опускании груза в жидкость, нельзя резко отпускать его.
12. При использовании рычага-линейки не забывайте придерживать свободный от грузов конец рукой.
13. Производите сборку электрических цепей, изменения в них, монтаж в них только при отключенном источнике питания.
14. Не включайте источник питания без разрешения учителя.
15. Проверяйте наличие напряжения на источниках питания или других частях электроустановки с помощью прибора для измерения напряжения
16. Следите, чтобы изоляция проводов была исправна, а на концах проводов были наконечники. При сборке электрической цепи провода располагайте аккуратно, а наконечники плотно соединяйте с клеммами.
17. Выполняйте измерения и наблюдения, соблюдая осторожность, чтобы случайно не прикоснуться к оголенным проводам (токоведущим частям, находящимся под напряжением).
18. По окончании работы отключите источник питания, после чего разберите электрическую цепь. Обнаружив неисправность в электрических установках, находящихся под напряжением, немедленно отключите источник тока и сообщите об этом учителю.

## Критерии оценок лабораторных работ

**Оценка «5» (отлично)** ставится, если студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно выполняет анализ погрешностей.

**Оценка «4» (хорошо)** ставится, если выполнены требования к оценке 5, но было допущено два-три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

**Оценка «3» (удовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.

**Оценка «2» (неудовлетворительно)** ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

**Оценка «1»** ставится, если студент совсем не выполнил работу.

Во всех случаях оценка снижается, если студент не соблюдал требований правил безопасного труда.

Лабораторные работы выполняются по письменным инструкциям, которые приводятся в данном пособии. Каждая инструкция содержит краткие теоретические сведения, относящиеся к данной работе, перечень необходимого оборудования, порядок выполнения работы, контрольные вопросы и литературу.

Внимательное изучение методических указаний поможет выполнить работу.

Лабораторный практикум является хорошей формой повторения, углубления и обобщения основных вопросов пройденного курса.

### Система единиц

**Величина** – то что можно выразить количественно. Сравнение значений к-л величины зовут **измерением**. Значение , с коим сравнивают все другие значения этой же величины- **единица измерения** (ЕИ) (метр-единица длины).

Непосредственно сравнивая с единицей (приложив метр) проводим **Прямое измерение**. Но площадь круга неудобно подсчитывать числом квадратиков. Нахождение числового значения по формуле (измерив диаметр) –**косвенное измерение**.

В разных странах с их единицами длины и массы получим свой значения F- надо ставить к-ты, свои в каждой стране в  $F=k_1 \cdot m_a$ . Придем к одной системе единиц.

Но произвольно выбрав  $m$  и длину, мы не сможем произвольно выбрать F, ведь они связаны 2 законом Ньютона. Выбираем массу и длину произвольно (**основные ЕИ**), а остальные будем выводить из формул, обращая к-ты в 1.

2й закон Ньютона станет  $F=m_a = 1\text{кг} \cdot 1\text{м}/\text{с}^2 = 1\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$  примем результат за единицу силы и назовем ньютоном(Н), а выражение  $\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$  **Размерностью** Ньютона.

Для единицы работы получим  $A=F \cdot s = 1\text{Н} \cdot 1\text{м} = 1\text{Н} \cdot \text{м} = 1\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2 = 1\text{Дж}$ (дюуль)

\*Выведем единицу мощности  $A=N/t$   $N=A/t=1\text{Дж}/1\text{с}=(1\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^2)/1\text{с}=1\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}^3=1\text{Вт}$ . Получаем совокупность взаимосвязанных единиц- **Систему единиц**.

В конце 18 века во Франции Метрическую систему мер (единицы измерения-метр, для массы- килограмм, секунда) ввел Лавуазье (один из основателей современной химии, труд « Метод химической номенклатуры»- положил начало систематизации хим элементов, что завершился более чем через 100 лет периодической системой Менделеева, открыл закон сохранения массы). Он вступил в Главный откуп. (Сбор налогов отдавался государством за определенную плату на откуп частным лицам. Собранные налоги и сборы с населения в 2-3 раза превышали средства, вносимые в казну.) «Республика не нуждается в учёных» заявил председатель трибунала в ответ на петицию ученых. Кстати, казнен и отец Ампера.

В России теперь уже Международная СИ(Система Интернациональная) стала единственной с 1 января 1978г.

В ней 7 основных единиц: **длина**-метр-одна десятимиллионная доля Парижского меридиана от экватора до полюса=  $2\pi \cdot 6 356 779 / 4 / 10 000 000 = 0,9985\text{м}$ , **масса**-кг, **время**-сек, **температура**-кильвин (К), **ток**-ампер, **сила света**-кандела (свеча-кд), **количество в-ва**-моль

2 дополнительных- **плоский угол**-радиан (рад), **тесный угол**- стерадиан (ср)

\*\*Найти ρ ацетилена (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) [1,15]

\*\*Зная ρ O<sub>2</sub>, найти ρ метана (CH<sub>4</sub>) [ ρ<sub>O2</sub>= 0,5ρ<sub>O2</sub> ]

\*\* ρ воздуха=1,29 кг/м<sup>3</sup>, Mвоздуха= 0,00129кг/л\*22,4л=0,028кг/моль

### Элементы теории погрешностей

Плохая подготовка (неаккуратность экспериментатора) или природа самого объекта приводит к **случайным погрешностям** (их не исключить). Несовершенство прибора (сбит ноль, неоткалиброван, нечестный продавец) ведет к **систематической** погрешности (можно исключить, исследовав прибор).

Для исключения случайных ошибок и >я точности проводят несколько измерений (мин 3) и находят среднее арифметическое  $(X_1+X_2+X_3)/3=X_{ср}$ .

**Точность прямого измерения не может превышать цены деления прибора.**

Разность между **истинным** и измеренным значениями искомой величины наз-ся

**Абсолютной погрешностью**  $\Delta X=|X_{ист}-X|$ . Поскольку истинное значение не известно, **за него принимаем**  $X_{ср}=X_{ист}$ .

Находим Абс погрешности каждого измерения:

$\Delta X_1 = X_1 - X_{ср}$ ,  $\Delta X_2 = X_2 - X_{ср}$ ,  $\Delta X_3 = X_3 - X_{ср}$  находят среднее арифметическое модулей этих погрешностей  $(|\Delta X_1| + |\Delta X_2| + |\Delta X_3|)/3 = \Delta X_{ср}$  и **принимают его за** abs погрешность измерения.

Результат измерения можно записать  $X = X_{ср} \pm \Delta X_{ср}$ , значит истинное значение лежит в интервале (доверительный интервал)  $X_{ср} - \Delta X_{ср} < X < X_{ср} + \Delta X_{ср}$   
 $\pm \Delta X_{ср}$ -

Находим **относительную погрешность**  $\delta = (\Delta X_{ср}/X_{ср}) * 100\%$

Отчет по схеме

- 1) дата, цель(наименование) и номер работы, группа, фамилия
- 2) перечень оборудования
- 3) схема или зарисовка установки
- 4) запись цены деления шкалы измерительного прибора
- 5) таблица результатов измерений и вычислений
- 6) расчетная формула, обработка результатов и определение погрешностей
- 7) Вывод, ответы на поставленные вопросы

# Лабораторная работа №1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕЩЕСТВ

Тема: «Определение плотности веществ»

Цель работы:

учебная- определить плотности неизвестного образца;

профессиональная- Научиться работе с измерительными приборами и технике нахождения погрешностей.

Студент должен

знать: понятия: относительная и абсолютная погрешность

уметь: измерять длину нити с помощью линейки, период колебаний нитяного маятника, пользоваться секундомером;

**Теория.** Плотность однородного вещества  $\rho$  - физическая величина, равная отношению массы этого вещества  $m$  к его объему  $V$ :

$$\rho = m/V$$

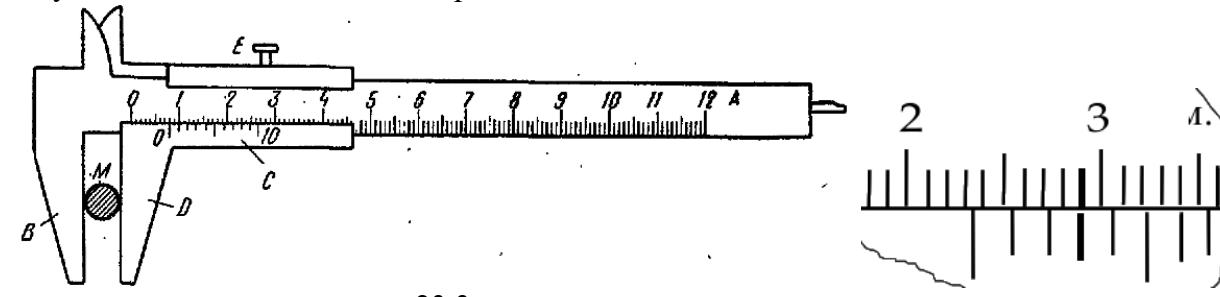
Плотность вещества можно определить экспериментально.

**Оборудование.**

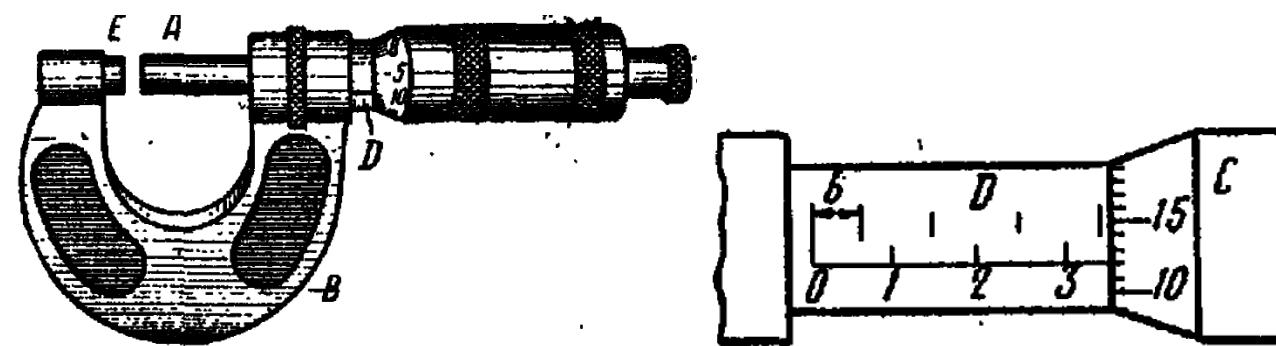
1. Исследуемые бруски (металлический, деревянный, пластмассовые) .
2. Весы с разновесом.
3. Штангенциркуль.
4. Микрометр

**Измерительные приборы**

1) *Штангенциркуль* имеет линейку со шкалой А, нониус со шкалой С. Измеряемый предмет помещают между ножками штангенциркуля В-Д так, чтобы предмет был слегка зажат, и закрепляют нониус винтом Е. По шкале линейки отсчитывают целое число миллиметров до нуля нониуса (первого деления). Затем тщательно определяют, какое деление шкалы нониуса точно совпадает с некоторым делением шкалы линейки. Это деление шкалы нониуса соответствует десятым долям миллиметра.



2) *Микрометр* состоит из упора Е, микрометрического винта А, неподвижной втулки D с горизонтальной шкалой в миллиметрах и головки винта с вертикальной шкалой. При измерении микрометром предмет помещают между упором и винтом. Вращая винт за головку, доводят его до соприкосновения с предметом. Затем по шкале горизонтальной шкале отсчитывают целые миллиметры и половинки последнего миллиметра над горизонтальной шкалой, а по вертикальной шкале головки винта - десятые и сотые доли миллиметра. Показания микрометра на рисунке  $-3+0,5+0,12=3,62\text{мм}$



## Порядок работы.

1. Штангенциркулем и микрометром измерить линейные размеры одного из брусков и вычислить его объем  $V$ :  $V=abc$ , где  $a,b,c$  - соответственно длина, ширина, высота бруска.
2. С помощью весов определить массу бруска и вычислить плотность вещества бруска.
3. Опыт повторить с другим исследуемым бруском.
5. Рассчитать плотность вещества.
6. Определить относительную погрешность методом оценки результатов измерений.
7. Результаты измерение записать в таблицу.

№ опыта	a Длина	b Ши- рина	c Высо- та	V	m	$\rho$	$\rho_{ср}$	$\Delta\rho$	$\Delta\rho_{ср}$	$\delta\%$	При- мечани- е
	см	см	см	см <sup>3</sup>	г	г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>		
1											
2											
3											

Приведите результат измерения плотности образца.

$$\rho = \rho_{ср} \pm \Delta\rho_{ср} = \\ \delta\% =$$

Приведите расчеты промежуточных значений и окончательных результатов всех величин, встречающихся в таблице

## Контрольные вопросы

1. Назовите исследуемое вещество.
2. Что называется плотностью вещества? Получите единицу измерения плотности в СИ и дайте определение.
3. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения?
4. Назовите возможные причины погрешности измерений в этой работе.
5. Какие измерения в данной работе относятся к прямым, какие к косвенным?
6. Что тяжелее: ведро ртути вместимостью 10 дм<sup>3</sup> или кубический метр пробки? Во сколько раз?

## Лабораторная работа №2

### ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

**Цель работы:** сравнить максимальное изменение потенциальной энергии тела, взаимодействующего с Землей, с максимальным изменением потенциальной энергии деформированной пружины при вертикальных колебаниях тела на пружине.

**Оборудование:** штатив с муфтой, динамометр лабораторный, грузы

#### Краткая теория

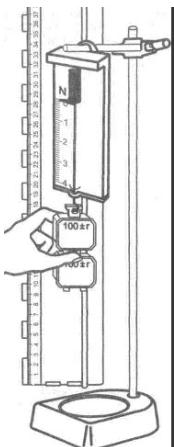
Изменение потенциальной энергии груза определяется изменением его высоты  $\Delta E_1 = mg\Delta h$ .

Изменение энергии пружины при деформации можно найти зная ее удлинение  $\Delta E_2 = k\Delta x^2/2$ .

Здесь  $K=95 \text{ Н/м}$  - жесткость пружины. Согласно закону сохранения энергии  $\Delta E_1 = \Delta E_2$ .

Это соответствие и надо проверить.

#### Порядок выполнения работы.



1. Последовательно добавляйте гирьки массой 100 г и каждый раз обозначайте новое положение пружины.
2. Измерьте растяжение пружины  $\Delta x$ .
3. Повторите эксперимент 3 раза.
4. Полученные результаты запишите в таблицу.

№ опыта	$m$	$\Delta x$	$E_1 = mg\Delta x$	$E_2 = K\Delta x^2/2$	$\Delta E = E_1 - E_2$	$\Delta \% = 100\% * \Delta E / E_1$	$\Delta \%_{cp}$

Сделайте вывод о справедливости закона сохранения механической энергии. Вопросы и задания для обсуждения результатов лабораторной работы.

#### Контрольные вопросы

- 1) Сформулируйте закон сохранения энергии. (Полная механическая энергия изолированной (замкнутой) системы тел остаётся постоянной.)
- 2) Решить задачу: Тело массой 1 кг падает с высоты 10 метров. Определить максимальную скорость и кинетическую энергию в этом процессе. Какие превращения энергии происходят при падении?
- 3) Что называется полной механической энергией системы? При каких условиях полная механическая энергия системы остается постоянной?

### **Лабораторная работа №3**

#### **Определение ускорения свободного падения**

**Тема:** «Определение ускорения свободного падения при помощи маятника»

**Цель работы:**

учебная- определить ускорение свободного падения;

профессиональная- уметь определять вес тела известной массы на данной широте.

**Студент должен**

**знать:** понятия: математический маятник, период колебаний, частота, амплитуда колебаний;

**уметь:** измерять длину нити с помощью линейки, период колебаний нитяного маятника, пользоваться секундомером;

**Оборудование:** нитяной маятник, линейка измерительная, секундомер или часы с секундной стрелкой.

#### **Краткая теория**

Закон колебания математического маятника можно записать в виде формулы Томсона

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}, \quad (1)$$
 где  $T$  – период колебаний маятника,

$L$  – длина маятника,  $g$  – ускорение свободного падения в данном месте Земли.

$$\text{Из формулы (1) получим } g = 4\pi^2 L / T^2 \quad (2)$$

Таким образом, чтобы определить ускорение свободного падения на опыте, надо измерить длину маятника  $L$  и определить из опыта период колебания  $T$ .

**Периодом колебания** называется время, за которое маятник делает одно полное колебание.

Формулы (2) и (1) справедливы только при малых амплитудах колебания (длинной нити).

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Измерьте длину маятника ( $L$ ) линейкой с точностью до 0,5 мм и переведите результат в метры (но не округляйте).

2. Отклонив немного маятник от положения равновесия, отпустите его и заметьте по часам количество колебаний  $n$  за  $t = 1, 2$  и 3 мин

3. Для каждого случая определите период  $T = t / n$  и  $g$

4. Вычислите  $g_{ср}$ .

7. Все вычисления округлите до 3-х значащих цифр, например:

$$\pi^2 = \pi^2 \cdot \pi = 3,14 \times 3,14 = 9,8596 = 9,86$$

8. Все измерения и вычисления занесите в отчетную таблицу:

9. Сравните полученное среднее значение для  $g_{ср}$ , со значением  $g_0 = 9,81 \text{ м/с}^2$  и рассчитайте абсолютную погрешность измерения по формуле:  $\Delta g = |9,81 - g_{ср}| \quad (5)$

10. Рассчитайте относительную погрешность измерения по формуле:  $\delta g \% = \Delta g / g_0 \quad (6)$

#### **Отчетная таблица**

№ опыта	$L(\text{м})$	$t(\text{с})$	$n$	$T (\text{с})$	$g (\text{м/с}^2)$	$g_{ср}$	$\Delta g =  9,8 - g_{ср} $	$\delta g \%$
1								
2								
3								

11. Сделайте вывод в конце работы (согласно цели работы), запишите результат измерения в виде:  $g = g_{ср} + \Delta g \quad (7)$

12. Ответьте на контрольные вопросы.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое ускорение свободного падения?

2. От чего зависит ускорение свободного падения?

3. Период колебаний математического маятника (формула, определение).

4. От чего зависит период колебаний математического маятника?

5. Как зависит период колебаний математического маятника от его массы?

## Лабораторная работа №4

**Тема:** «Опытная проверка закона Бойля-Мариотта»

**Цель работы:** опытным путём установить зависимость между объемом и давлением газа при постоянной температуре

**Оборудование** барометр, трубка Мельде

### Краткая теория

Основной частью прибора получившего название трубки Мельде является укрепленная на деревянной планке с миллиметровой шкалой капиллярная трубка сечением 1мм<sup>2</sup>. Один ее конец запаян, другой открыт. В средней части трубки помещается столбик ртути длиной около 200 м.м.

В начале эксперимента трубка кладется в горизонтальном положении на стол (воздуха в трубке, находится под атмосферным давлением. По шкале можно определить длину (объем) столбика воздуха. При подвешивании трубки отверстием вверх давление на столбик воздуха увеличивается за счет весового давления столбика ртути и длина столбика воздуха несколько уменьшается.

Если трубку подвесить отверстием вниз, происходит обратное явление, и длина столбика воздуха увеличивается, так как внешнее давление уменьшается за счет направленного вниз весового давления столбика ртути.

Так как площадь сечения трубы по всей ее длине постоянна, **можно значение длины столбика воздуха принять за численное значение соответствующего объема** и в этом случае можно утверждать, что произведение объема определенной массы газа, заключенного в трубку, на давление при неизменной температуре есть величина постоянная, а это есть закон Бойля:

$$pV = \text{const.}$$

### Порядок выполнения работы:

1. Трубка лежит горизонтально. Измеряем объем столбика воздуха от запаянного конца до ртути. Он численно равен высоте столбика воздуха, т. е. сечение ровно 1 мм . Этот столбик воздуха находится под атмосферным давлением, которое определяем по барометру.
2. Трубку держим вертикально, открытым концом вверх. Измеряем объем столбика воздуха. Он стал меньше, т. к. давление увеличилось на высоту столбика ртути. Теперь оно  $P = P_{\text{ат}} + h$ , где  $P_{\text{ат}}$  - атмосферное давление,  $h$  - высота столбика ртути.
3. Трубку держим вертикально, закрытым концом вниз. Объем воздуха стал больше, т. к. давление на столбик воздуха уменьшилось.  $P = P_{\text{ат}} - h$ .
4. Результаты измерений записываем в таблицу.

№	P <sub>ат</sub>	h	P	V	PV	(PV <sub>cp</sub> )	Δ (PV)	Δ (PV) <sub>ср</sub>	Δ%	Примеч.
	ммртст	ммртст	ммртст	мм <sup>3</sup>						
1										P = P <sub>ат</sub>
2										P = P <sub>ат</sub> + h
3										P = P <sub>ат</sub> - h

5. Сделать выводы.
6. Привести расчеты
7. Ответить на вопросы:
  - 1) Дать формулировку закона Бойля-Мариотта и ее математическую запись.
  - 2) КАКОЙ процесс называется изотермическим?
  - 3) Определить массу 20л кислорода при 273 °С и давлении 30атм

## Лабораторная работа №5

### Определение относительной влажности воздуха

**Тема:** «Определение относительной влажности воздуха»

**Цель работы:**

**учебная:** определить относительную влажность воздуха;

**профессиональная:** выяснить, как влияет влажность воздуха на хранение пищевых продуктов.

**Студент должен**

**знать:** понятия: абсолютная и относительная влажность воздуха, парциальное давление, давление насыщенного пара, устройство психрометра

**уметь:** пользоваться психрометром;

**Оборудование:** психрометр, таблица психрометрическая, таблица давления насыщенных паров воды.

#### **Краткая теория**

Абсолютная влажность ( $\rho$ ) определяется массой водяного пара, содержащегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха, т. е. плотностью водяного пара. Абсолютную влажность можно определить по температуре точки росы -температуре, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. Температуру точки росы определяют с помощью гигрометра, а затем по таблице «Давление насыщающих паров и их плотность при разных температурах» находят соответствующую температуре точки росы плотность. Найденная плотность и есть

абсолютная влажность окружающего воздуха.

Относительная влажность  $\phi$  показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности насыщающей  $\phi = \rho_a \cdot 100\% / \rho_n$ . Значение  $\phi$  можно найти и как отношение давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре, выраженное в процентах %

$$\phi = (P/P_0) * 100\%$$

Существует несколько способов определения относительной влажности воздуха.

--конденсационный гигрометр, основанный на охлаждении воздуха до точки росы и конденсации водяного пара;

--волосяной гигрометр. Обезжиренный (лучше светлый) человеческий волос набухает и удлиняется при увеличении относительной влажности воздуха.

--Электролитический гигрометр- на изолятор (стекло, полистирол) нанесен гигроскопический слой электролита — хлористого лития. При изменении влажности воздуха меняется концентрация электролита, а следовательно, и его сопротивление;

--Действие керамического гигрометра основано на зависимости электрического сопротивления твёрдой и пористой керамической массы (смесь глины, кремния, каолина и некоторых окислов металла) от влажности воздуха.

--Принцип действия психрометра основан на разности показаний сухого и смоченного термометров в зависимости от влажности окружающего воздуха.

#### **Порядок выполнения работы:**

1. Ознакомьтесь с устройством психрометра.
2. Определите относительную влажность воздуха с помощью психрометра. Для этого определите показания сухого и влажного термометров и вычислите разность температур. По психрометрической таблице определите относительную влажность.
3. Зная температуру влажного термометра, по таблице плотности насыщенных паров определяем  $\rho_n, P_n$  и подсчитываем  $\rho_n, P_n$  - абсолютную влажность воздуха.
4. По найденному значению  $P$  определите по таблице точку росы  $t_c$  температура, при которой пар в воздухе станет насыщенным.

**Таблица плотности насыщающих паров**

T	15	16	17	19	20	21	22	23	24	25	27
P <sub>ММ</sub>	12,8	13,6	14,5	15,5	17,5	18,5	19,8	22,4	23,8	30,0	31,8
$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	12,8	13,6	14,5	15,4	17,3	18,3	19,4	23,0	24,4	25,8	27,2

$t_{сух}$	$t_{влаж.}$	$t_{росы}$	$\phi$	$P_0$	$P$	$\Delta t$

### Отчетная таблица

#### Основные правила техники безопасности:

1. Осторожно обращайтесь с психрометром.
2. Аккуратно размещайте прибор на столе, не допуская его падения или опрокидывания.

#### Контрольные вопросы:

1. Почему влажный термометр всегда показывает меньшую температуру, чем сухой?
2. Разность показаний сухого и влажного термометров больше когда в кабинете воздух более сухой или более влажный? Почему?
3. Что называется парциальным давлением, насыщенным паром, точкой росы?
4. Устройство психрометра.
5. Влияние влажности воздуха на хранение пищевых продуктов.

### Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра		Разность показаний сухого и влажного термометров												
K	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
273	0	100	82	63	45	28	11							
	1	100	83	65	48	32	16							
	2	100	84	68	51	35	20							
	3	100	84	69	54	39	24	10						
	4	100	85	70	56	42	28	14						
278	5	100	86	72	58	45	32	10	6					
	6	100	86	73	60	47	35	23	10					
	7	100	87	74	61	49	37	26	14					
	8	100	87	75	63	51	40	28	18	7				
	9	100	88	76	64	53	42	31	21	11				
283	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4			
	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8			
	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11			
	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6		
	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	
	16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8	
	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10	
	18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13	
	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	
	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20	
	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22	
	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24	
	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	
	26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29	
	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30	
	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32	
	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	

# Лабораторная работа №6

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

**Тема:** «Определение поверхностного натяжения»

**Цель работы:**

учебная- определить поверхностное натяжение воды;

профессиональная- уметь определять коэф-ти различать поверхностное натяжение различных жидкостей.

**Студент должен**

**знать:** понятия: математический маятник, период колебаний, частота, амплитуда колебаний;

**уметь:** измерять длину нити с помощью линейки, период колебаний нитяного маятника, пользоваться бюреткой;

**Оборудование:** 1. Бюретка с краном. 2. Весы учебные с разновесом. 3. Сосуд для сбора капель.

**Краткая теория**

Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости. Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости, стремясь уменьшить потенциальную энергию, сокращается. При этом совершается работа  $A = \sigma * \Delta S$ , где  $\sigma$  - (выражается в Дж/м<sup>2</sup> или Н/м) поверхностное натяжение.

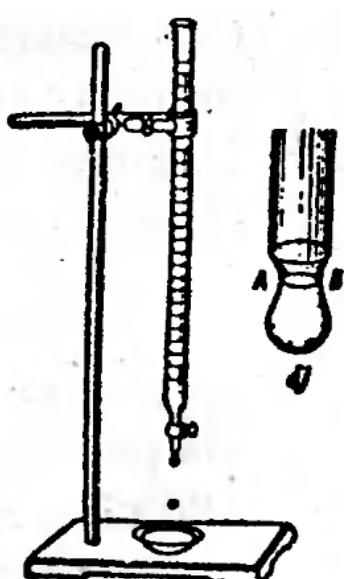
Тогда  $\sigma = A / \Delta S = F / L$ , где  $F$ —сила поверхностного натяжения,  $L$ - длина границы поверхностного слоя жидкости.

Поверхностное натяжение можно определить различными методами, мы же применим

*Метод отрыва капель.*

Опыт осуществляют с бюреткой, в которой находится исследуемая жидкость. Открывают кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести её  $P = m_k * g$  равна силе поверхностного натяжения. Граница свободной поверхности — окружность шейки капли. Следовательно,  $F = m_k g; l = \pi * d_{ш.к.}; \sigma = m_k g / (\pi * d_{ш.к.})$ . Опыт показывает, что  $d_{ш.к.} = 0,9 d_b$ , где  $d_b$  — диаметр канала узкого конца бюретки.

**Порядок выполнения работы:**



1. Собрать установку по рисунку и наполнить бюретку водой.
2. Определить массу пустого сосуда для сбора капель, взвесив его.
3. Подставить под бюретку сосуд, для сбора капель, и плавно открывая кран, добиться медленного отрываания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2с)
5. Под бюретку с отрегулированными каплями подставить сосуд и отсчитать 100 капель.
6. Измерив массу сосуда с каплями определить массу капель
- 7 Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.
8. Вычислим, поверхностное натяжение по формуле  $\sigma = mg / (n\pi * 0,9 d_b)$ .
9. Опыт повторить опыт 2 раза с другим количеством капель.
10. Найти среднее значение  $\sigma_{ср}$  и сравнить полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры.
11. Определить относительную погрешность методом оценки результатов измерений.
12. Ответьте на контрольные вопросы.

**Основные правила техники безопасности:**

1. Аккуратно обращайтесь со штативом, не допускайте его падения.
2. Соблюдайте правила работы со стеклянным оборудованием.
3. Не покидайте рабочего места без разрешения преподавателя.

**Методические рекомендации.**

1. Для опыта лучше использовать дистиллированную или хорошо прокипяченную воду.

- В качестве сосуда с водой удобно взять мензурку, имеющую отлив.
- Чтобы при падении капель вода в сосуде не разбрызгивалась, конец трубы расположите близко от сосуда.
- При повторном измерении взять 150—170 капель в зависимости от диаметра узкого конца бюретки.
- Для проведения опыта можно использовать воронку (или трубку) с пипеткой; стеклянный резервуар пипетки соединить с воронкой (трубкой) резиновой трубкой с зажимом.

№ опы-та	Масса			Число капель, n	Диаметр канала бю-ретки ( $d_b$ ) мм	Коэффициент по-верхностного ная-жения $\sigma_{ср}$ , Н/м	Коэффициент по-верхностного ная-жения $\sigma_{ср}$ , Н/м	Относительная по-грешность $\delta\%$
	Пустого сосуды, г	Сосуда с капля-ми, г	Капель, г					
1								
2								
3								

#### Контрольные вопросы.

- Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости.
- Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры.
- В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой - с добавкой мыла. Однаковы ли объемы отмеренных капель? Ответ обоснуйте.

## Лабораторная работа №7

### Определение удельной теплоемкости воды

**Тема:** «Определение удельной теплоемкости воды»

**Цель работы:** Экспериментальное определение удельной теплоемкости воды методом смешивания.

**Оборудование:** 1. Калориметр 2. Термометр 3. Мерный стакан

**Краткая теория** В замкнутой системе тепловая энергия не теряется, а перераспределяется между телами тепловой системы. Для определения теплоемкости воды мало просто добавить горячей воды, необходимо знать теплоемкость алюминиевого калориметра, с которой фактически идет сравнение.

**Описание работы** При смешивании в калориметре холодной и горячей воды через некоторое время устанавливается равновесная температура  $\Theta$ . При этом горячая вода отдает тепло, и ее температура изменяется от  $t_{вг}$  до  $\Theta$ , при этом  $Q_{отд} = Q_{вг}$

Калориметр и холодная вода в начале опыта имеют одинаковую температуру  $t_{вх}$ , которая поднимается до  $\Theta$ , получая тепло  $Q_{полн} = Q_{кал} + Q_{вх}$

Уравнение теплового баланса  $Q_{отд} = Q_{полн}$  примет вид

$C_{в}^* m_{вг}(t_{вг}-\Theta) = C_{кал}^* m_k (\Theta - t_{вх}) + C_{вх}^* m_{вх} (\Theta - t_{вх})$ , откуда получаем

$$C_{кал}^* m_k (\Theta - t_{вх})$$

$C_{в} = \dots$

здесь

$$m_{вг} (t_{вг}-\Theta) - m_{вх} (\Theta - t_{вх})$$

$C_{кал} = 880 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$  - теплоемкость алюминиевого стакана калориметра;

$t_{вх}, t_{вг}$  - температура холодной и горячей воды;

$m_{вх}, m_{вг}, m_k$  – масса холодной, горячей воды и стакана калориметра;

N	$m_k$	$m_{вх}$	$t_{вх}$	$m_{вг}$	$t_{вг}$	$\Theta$	$C_{в}$	$C_{вср}$	$\Delta C$	$\Delta C_{ср}$	$\% \delta$	Примеч

#### Контрольные вопросы

1. Что называется теплоемкостью тела.
2. Что называется удельной теплоемкостью жидкости.
3. Единица измерения удельной теплоемкости?

## Лабораторная работа №8

Определение сопротивления при помощи амперметра и вольтметра  
(проверка закона Ома для участка цепи)

**Тема:** «проверка закона Ома для участка цепи»

**Цель работы:**

учебная- определить сопротивление участка цепи;

профессиональная- уметь определять сопротивление резистора без омметра.

**Студент должен**

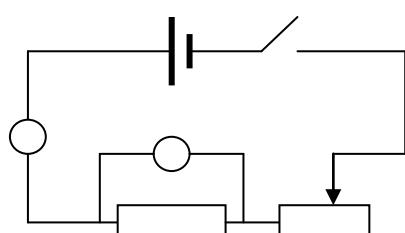
знать: понятия: сопротивление, напряжение, ток;

уметь: косвенно измерять сопротивление участка цепи;

**Оборудование:** источник питания, ключ, магазин сопротивлений, провода, амперметр, вольтметр, проволочный резистор.

**Краткая теория** В соответствии с законом Ома для участка цепи  $I=U/R$ , откуда легко можно найти сопротивление, измерив ток и напряжение на нем  $R=U/I$

### Выполнение работы



- Составить цепь из последовательно соединенного источника (батареи элементов), амперметра, ключа и магазина сопротивлений и проволочного резистора.
- Включив ключ, отмечают показания амперметра и подключенного параллельно резистору вольтметра.
- Повторяют опыт, изменяя сопротивление магазина.
- Вычислить значение сопротивления ( $R=U/I$ ) для каждого опыта, среднее значение и погрешность измерений.  $\Delta R_{cp} = |R_{nom} - R_{cp}| / R_{cp}$

1. Результаты записать в таблицу

N опыта	I	V	R	R <sub>cp</sub>	ΔR <sub>cp</sub>	δ%	Rноминальное

Записать результат, сделать вывод.

$$R = R_{cp} \pm \Delta R_{cp} \quad \delta\% =$$

### Основные правила техники безопасности:

- Аккуратно обращайтесь с приборами при сборке схемы
- Не подавайте питание на схему без разрешения преподавателя.

### Контрольные вопросы

1 Как изменится напряжение на нагрузке, если медный провод в резисторе нагрузки заменить на никелиновый.

2 Зависит ли сопротивление резистора от температуры?

## Лабораторная работа №9

Тема: «Исследование параллельного и последовательного соединения резисторов»

### Цель работы:

учебная-обеспечить практическое подтверждение законов последовательного и параллельного соединений;

профессиональная-.

### Студент должен

знать: понятия: напряжение, падение напряжения, ЭДС;

уметь: применять знания на практике, собирать цепь и пользоваться измерительными приборами, измерять и рассчитывать сопротивление

**Оборудование:** источник питания, ключ, магазин сопротивлений, провода, амперметр, вольтметр, проволочный резистор.

### Краткая теория

При последовательном соединении через все резисторы проходит один и тот же ток, а приложенное к цепи напряжение складывается из суммы падений напряжения на элементах, каждое из которых пропорционально их сопротивлению и  $R=R_1+R_2$

При параллельном соединении входы и выходы всех элементов объединены и между этими точками приложено общее для всех напряжение. Ток же ветвится пропорционально проводимости каждой цепи (элемента) или обратно пропорционально ее сопротивлению.

Для вычисления эквивалентного сопротивления цепи надо учесть, что при этом складываются проводимости элементов  $1/R=1/R_1+1/R_2$

### Выполнение работы

1. Составить цепь, состоящую из двух последовательно соединенных резисторов.

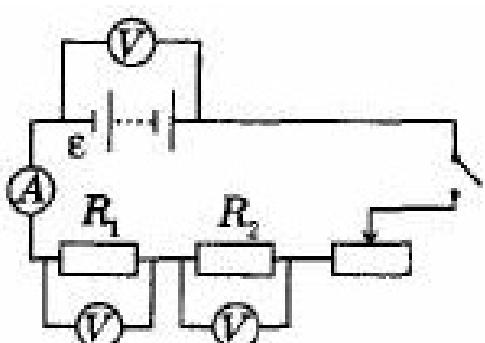
2. Проверить законы.

$$1) I_1 = I_2 = I$$

$$2) U = U_1 + U_2$$

$$3) R_1 = U_1/I; \quad R_2 = U_2/I; \quad R = R_1 + R_2;$$

$$4) U_1/U_2 = R_1/R_2;$$



3. Составить цепь, состоящую из двух параллельно соединенных резисторов.

4. Проверить законы:

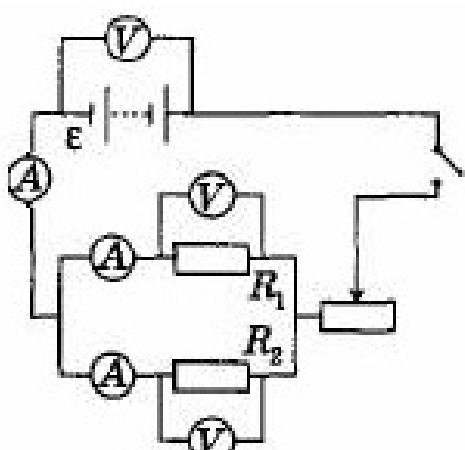
$$1) U_1 = U_2 = U$$

$$2) I_1 + I_2 = I$$

$$3) R = U/I, \quad 1/R = 1/R_1 + 1/R_2;$$

$$4) I_1/I_2 = R_2/R_1;$$

1. Сделать выводы и написать свои наблюдения



### Контрольные вопросы

1. Какое соединение называют последовательным? Каковы законы этого соединения?

2. Какое соединение называют параллельным? Каковы законы этого соединения?

3. Как определить мощность на участках цепи и всей цепи при параллельном соединении?

# Лабораторная работа №10

## Определение ЭДС

и внутреннего сопротивления источника энергии

**Тема:** «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника энергии»

### Цель работы:

учебная- научиться определять ЭДС источника и сопротивление источника;

профессиональная- уметь отличать ЭДС от падения напряжения.

### Студент должен

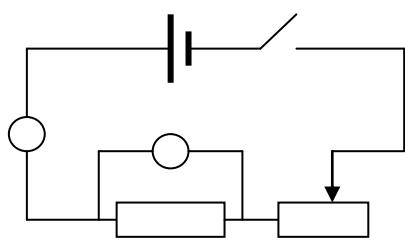
знать: понятия: напряжение, падение напряжения, ЭДС;

уметь: косвенно измерять сопротивление участка цепи;

**Оборудование:** источник питания, ключ, магазин сопротивлений, провода, амперметр, вольтметр, переменный проволочный резистор (потенциометр).

**Краткая теория** ЭДС источника распределяется в виде падения напряжения на внешней нагрузке и на внутреннем сопротивлении источника:  $\text{ЭДС} = \text{IR}_h + \text{Ir}$ .

### Выполнение работы



1. Измерить ЭДС источника Эл энергии, замкнув его на вольтметр
2. Составить цепь из последовательно соединенного источника (батареи элементов), резистора  $R_1$  с потенциометром и амперметра.
3. Измерить силу тока в цепи  $I_h$  и падение напряжения на выводах источника  $U_h$  т.e на ( $R_1 +$  потенциометр).

4. Вычислить внутреннее сопротивление ( $r$ ) батареи элементов  
 $r = (\text{ЭДС} - U_h) / I_h$

5. Заполнить таблицу значениями

№	ЭДС	$U_h$	$I_h$	$r$	$r_{cp}$	$\Delta r$	$\Delta r_{cp}$	$\Delta \%$

Оформление результата работы

$$r = r_{cp} \pm \Delta r_{cp}; \Delta \% =$$

### Контрольные вопросы

1. Как найти падение напряжения на внутренней и внешней частях цепи?
2. Что показывает вольтметр, присоединенный к зажимам источника ЭДС, при замкнутой и разомкнутой внешней цепи?
3. Математическая запись которого физического закона имеет вид:  $I = \frac{E}{R+r}$
4. Что произойдет, если вольтметр включить в цепь последовательно?

## Лабораторная работа №11

Определение электрохимического эквивалента меди.

**Тема:** «Определение электрохимического эквивалента меди»

**Цель работы:**

Научиться определять электрохимический эквивалент меди;

**Студент должен знать:** понятия: электрохимического эквивалента меди;

**Оборудование:** Гальванический элемент (батарея), электролитическая ванна с двумя медными электродами и раствором медного купороса, амперметр постоянного тока, магазин сопротивлений, провода, весы с разновесами, часы, ключ

**Краткая теория**

В воде молекула взамен воздуха ( $\varepsilon=1$ ) попадает в другую среду- воду ( $\varepsilon=84$ ) и взаимодействие атомов молекул ослабляется в 84 раза, что приводит к распаду молекул на заряженные атомы- ионы элементов, создающие ток. Закон электролиза (1й закон Фарадея) утверждает, что масса выделившегося на электроде вещества ( $m$ ) прямо пропорциональна заряду ( $q$ ), прошедшему через электролит:

$m=k^*q$ , где  $k$ - электрохимический эквивалент- количество вещества, выделенное при прохождении через электролит 1Кл электричества. Учтя, что ток  $I=q/t$ , получим  $m=kIt$ .

Отсюда

$$k=m/(It)$$

**Выполнение работы**

3. Измерить ЭДС источника Эл энергии, замкнув его на вольтметр
4. Очистить наждачной шкуркой **катод (отрицательный электрод)** и взвесить его
5. Составить цепь из последовательно соединенного источника (батареи элементов), магазина сопротивлений , амперметра и электролитической ванны.
6. Замкнуть цепь и установить силу тока 1-1,5А.
7. В течение 15-20 минут поддерживать ток (или отметить начальное и конечное значение, подсчитав в последствии средний ток)
8. Окончив опыт, осторожно промыть катод взвесить его, предварительно высушив.
9. Результаты занести в таблицу

№ опыта	Масса катода 1,г	Масса катода 2,г	$m$ , г	$I$ , А	$t$ , с	$k_{cp}$	$\Delta k =  k_{cp} - k_{табл}  / k_{табл}$	$\delta\%$
1								
2								

$$k=k_{cp} \pm \Delta k$$

$$\Delta \% =$$

**Контрольные вопросы**

2. Почему молекулы соли, кислоты, щелочи в воде распадаются на ионы?
3. Как нужно поступить, чтобы к угольному электроду припаять провод?
4. Почему с ростом температуры сопротивление электролита уменьшается?

## Лабораторная работа №12

Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Тема:** «Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

**Цель работы:** определить длину световой волны;

**Студент должен**

знать: понятия: дифракционная решетка, дифракционные спектры, максимумы ;

уметь: рассчитать длину волны, различать свет разной длины волны;

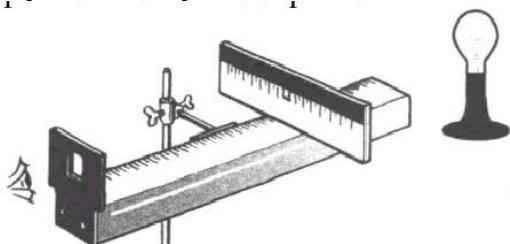
**Оборудование:**

1)Прибор для определения длины световой волны

2)Лампа накаливания

3)дифракционные решетки

**Краткая теория**



Если лампу поставить за непрозрачным экраном против узкой щели, то при рассматривании щели через дифракционную решетку мы увидим симметрично расположенные по обе стороны от щели две разноцветные полосы-дифракционные спектры. Роль линзы, собирающей в одну точку параллельный пучок свечей, идущих под углом  $\alpha$  от дифракционной решетки, выполняет оптическая система глаза человека, а роль экрана, на котором получается спектр, сетчатка глаза.

Положение дифракционного максимума первого порядка для дифракционной решетки с периодом  $d$  определяется условием  $\lambda = d * \sin \varphi / k$  где  $\lambda$ - длина световой волны,  $\varphi$ - угол, под которым наблюдается положение максимума.  $k$ -порядок спектра

**Выполнение работы**

2. Включенную лампу расположить за экраном со щелью и установить экран на расстоянии  $S=50\text{cm}$  от дифракционной решетки.
3. Произвести отсчет расстояния  $L_{\text{кр}}$ - красного и  $L_{\text{ф}}$ - фиолетового краев спектра справа и слева от щели в экране.
4. Найти среднее значение отсчетов для красного и фиолетового луча.
5. По полученному среднему расстоянию для красного света  $L_{\text{ср.кр}}$  и расстоянию  $L$  от дифракционной решетки до экрана вычислить  $\sin \varphi_{\text{кр}}$ , под которым наблюдается соответствующая полоса спектра.  $\sin \varphi_{\text{кр}} = L_{\text{ср.кр}} / S$
6. Вычислить длину волны, соответствующую красной границе спектра

$$\lambda = d * \sin \varphi / k$$

7. Такой же расчет сделать для фиолетового края спектра.
8. Результаты записать в таблицу

N опыта	d	k	S	L	$\sin \varphi = L/S$	$\lambda$	$\lambda_{\text{ср}}$	$\Delta \lambda$	$\Delta \lambda_{\text{ср}}$	$\delta \%$
Красный1										
Красный2										
Фиолет1										
Фиолет2										

**Контрольные вопросы**

5. Какое явление называется преломлением света и каким законам оно подчиняется?
6. В чем состоит полное отражение света? Где используется?
7. Сформулируйте законы отражения света.
8. Длина волны красного света в вакууме= 750нм. Какова длина волны в воде.  $N_{\text{воды}}=1,33$ . Изменится ли цвет излучения в воде?

# Лабораторная работа №13

## Изучение треков заряженных частиц

**Тема:** «Изучение треков заряженных частиц

**Цель работы:** установить тождество заряженной частицы по результатам сравнения ее трека с треком протона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле.

**Студент должен**

знать: понятия: заряда, энергии частицы, индукции магнитного поля;

уметь: найти  $q/m$ , энергию и импульс частицы, индукцию магнитного поля, определить частицу ;

**Оборудование:** лист кальки, линейка, угольник или циркуль. фотография треков двух заряженных частиц (трек I принадлежит протону, трек II - частице, которую надо идентифицировать). Линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости фотографии. Начальные скорости обеих частиц одинаковы и перпендикулярны краю фотографии.

**Краткая теория**

При движении в среде заряженные частицы ионизируют атомы среды. Ионы являются центрами конденсации паров в камере Вильсона или зародышами пузырьков пара в перегретой жидкости в пузырьковой камере. Цепочки пузырьков или капель образуют следы треки заряженных частиц, которые фотографируют. На фотографии изображаются треки заряженных частиц, движущихся во внешнем магнитном поле **с одинаковой скоростью**. Толщина трека зависит от ионизирующей способности частицы, а кривизна трека - от скорости частицы и индукции магнитного поля. На частицу, движущуюся перпендикулярно вектору индукции  $B$ , действует сила Лоренца  $F_L = qBv$ , направленная перпендикулярно скорости. Радиус кривизны траектории определяется нормальным ускорением частицы:

$$an = v^2/R; \quad mv^2/R = qBv \quad \text{Отсюда удельный заряд частицы } (q/m)$$

$q/m = v^2/BR$  Из этой формулы видно, что отношение удельных зарядов частицы

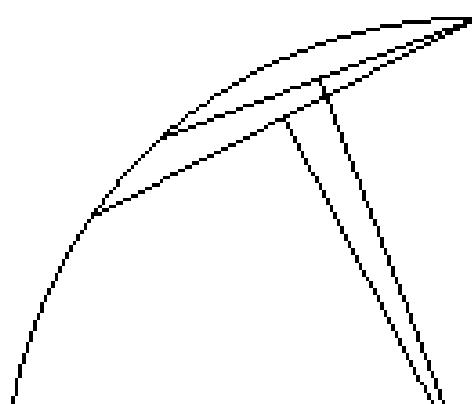
равно обратному отношению радиусов их траекторий.  $\frac{q/m}{e/m_p} = \frac{R_1}{R_2}$  Можно вычислить удельный

заряд идентифицируемой частицы  $q/m_q$ .

Зависимости внешнего вида трека частицы от её типа и физических характеристик:

- а) длина трека от энергии частицы (прямая);
- б) толщина трека от заряда частицы (прямая), от скорости частицы (обратная);
- в) радиус кривизны от массы частицы (прямая), заряда частицы (обратная), от скорости частицы (прямая); модуля магнитной индукции (обратная).

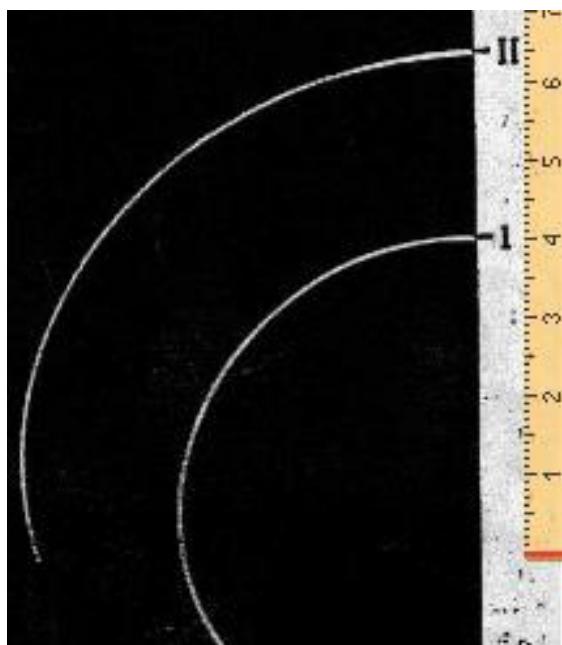
### Выполнение работы



- 1) Перенесите треки частиц с фотографии на кальку.
- 2) Измерьте радиус кривизны  $R_1$  трека протона на начальном участке.
- 3) Радиус кривизны трека частицы определяют следующим образом. Вычерчивают, как показано на рисунке, две хорды и восставляют к этим хордам в их серединах перпендикуляры. На пересечении перпендикуляров лежит центр окружности.
- 4) Измерить радиусы треков обеих частиц.

- 5) В обоих случаях инструментальную погрешность можно считать равной 1 мм.

6) Занести результаты в таблицу



Измерено		Вычислено				
$R_I$ ММ	$R_{II}$ ММ	$\Delta R_I$ ММ	$\Delta R_{II}$ ММ	$q/m_q$	$\Delta q/m$	$\varepsilon_{q/m}$ %
0						

7) Идентифицируйте частицу

**Материал для справок:**

\*Удельный заряд электрона:  $1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$ .

\*Удельный заряд протона:  $0,96 \cdot 10^8 \text{ Кл/кг}$ .

\*Удельный заряд альфа-частицы:  $0,5 \cdot 10^8 \text{ Кл/кг}$ .

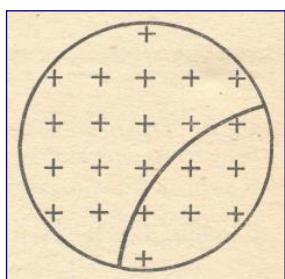
### Контрольные вопросы

1. Как изменяются треки частиц при изменении индукции магнитного поля по величине и по направлению?

2. Почему радиусы кривизны на разных участках трека одной и той же частицы различны?

3. На рисунке показан трек протона в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле. Каково направление вектора скорости частицы в нижней точке трека?

4. Какова форма траектории движения заряженной частицы в магнитном поле, если она движется вдоль линий магнитной индукции этого поля?



### Информационное обеспечение обучения

Основная литература:

1. Мякишев Г.Я. Физика.10 кл.: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил.
2. Мякишев Г.Я. Физика.11 кл.: учеб. для общеобразоват. организаций: базовый и углубленный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2022. – 432 с.: ил.