

Министерство образования и науки РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и  
Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)  
Колледж инновационных технологий и предпринимательства

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ  
РАБОТ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

**ФИЗИКА**

для специальностей среднего профессионального образования  
технического профиля

Разработчик(и):

КИТП

Старший преподаватель /Г.П.Тонконог/ \_\_\_\_\_

Старший преподаватель /А.А.Ухина/ \_\_\_\_\_

Одобрено на заседании цикловой комиссии технических дисциплин

КИТП \_\_\_\_\_

Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Председатель ЦК /\_Г.П.Тонконог/ \_\_\_\_\_

## **Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ. Общие положения.**

Лабораторные работы выполняются в рамках рабочей программы по дисциплине.

Перед выполнением лабораторных работ необходимо иметь допуск. Для допуска необходимо:

1. Оформить титульный лист (см. ниже)
2. На последующих листах записать:

-название работы

-цель работы

-приборы и оборудование

-сделать рисунок оборудования и (или) схему

-кратко описать ход работы

-начертить таблицу, в которой должны быть отмечены все физические величины, которые придется измерять и вычислять (в том числе и промежуточные), с указанием единиц их измерения.

Приступая к выполнению лабораторной работы, следует придерживаться следующей последовательности действий:

1. определить цену деления всех имеющихся приборов, с которыми придется работать;
2. определить абсолютные погрешности показаний этих приборов (правила вычисления погрешностей смотри в приложении 2);
3. определить абсолютные погрешности всех заранее известных величин и констант;
4. точно следуя порядку действий, указанных в ходе работы, произвести измерения, результаты занести в таблицу;
5. приступить к расчетам, используя правила подсчета цифр (правила подсчёта смотри в приложении 1);
6. подсчитать абсолютную и относительную погрешности искомой физической величины (величин) – см. приложение 2;
7. записать окончательный результат с учетом абсолютной и относительной погрешностей;
8. отталкиваясь от названия и цели работы, сделать вывод. Вывод пишется от третьего лица единственного или множественного числа в зависимости от количества физических величин в окончательном результате. Следует также проверить, является ли найденная вами величина табличным значением. Если это так, то найденную вами величину необходимо будет сравнить со значением, взятым из учебника. При этом разность между табличным значением и найденной величиной должна быть по модулю меньше или равна абсолютной погрешности, взятой из окончательного результата. В противном случае нужно выполнить работу заново: начертить новую таблицу, произвести необходимые измерения и т.д.

Защита лабораторных работ проводится по контрольным и дополнительным вопросам из темы лабораторной работы, поэтому при подготовке рекомендуется изучить данную тему по курсу лекций или учебнику.

По завершении курса лабораторные работы сдаются преподавателю.

## Лабораторная работа № 1. Измерение массы тела методом гидростатического взвешивания.

**Цель:** научиться измерять массу тела методом гидростатического взвешивания.

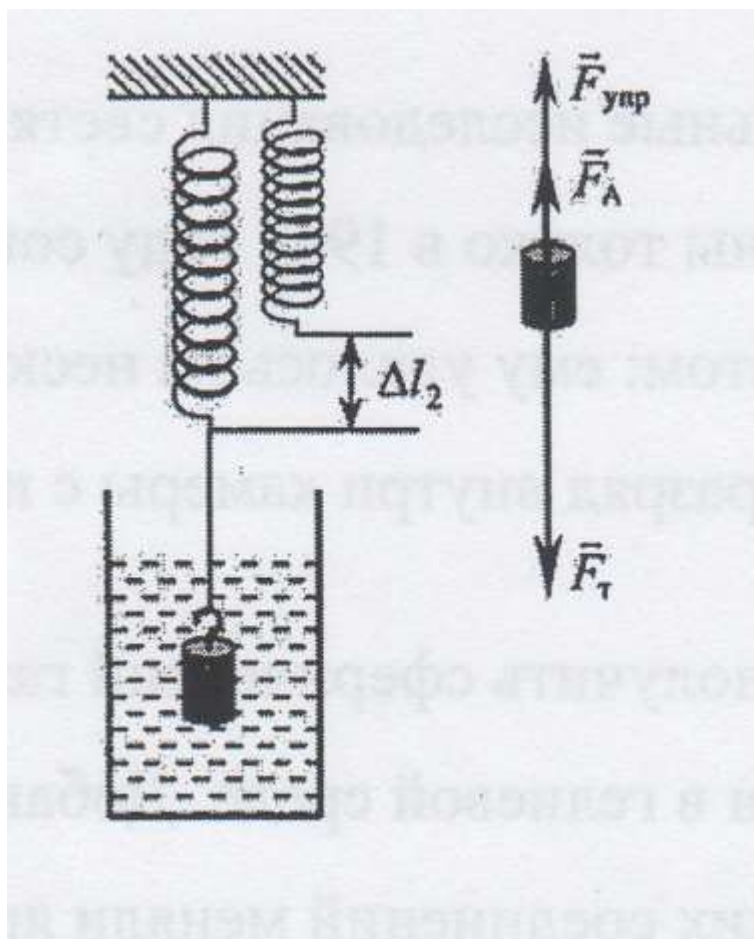
**Оборудование:** штатив, пружина, линейка, мензурка, цилиндрическое тело, сосуд с водой.

**Теория:** Гидростатическое взвешивание - метод измерения массы жидкостей и твёрдых тел, основанный на законе Архимеда. Массу твёрдого тела определяют его двукратным взвешиванием — сначала в воздухе, а затем в жидкости, плотность которой известна. Измеряют удлинение пружины, а затем на основании условия равновесия тела получают уравнение для расчёта массы.

На груз в воздухе действует сила тяжести и сила упругости. Условие равновесия груза:  $F_T = F_{упр}$ . Используя закон Гука, это равенство запишем так:

$$mg = k\Delta l_1. (1)$$

$k$ - жесткость пружины,  $\Delta l_1$ -удлинение пружины в воздухе,  $m$ - масса груза,  $g$  – ускорение свободного падения.



В воде действует ещё и Архимедова сила:

$$F_a = \rho_{ж}Vg, (2)$$

Где  $\rho_{ж}$ - плотность жидкости,  $V$ - объём тела.

Условие равновесие в воде:

$$mg = k\Delta l_2 + \rho_{ж}Vg, (3)$$

Где  $\Delta l_2$ - удлинение пружины в воде.

Масса определяется по формуле:

$$m = \frac{\rho_{ж} V_{ж}}{\Delta l_1 - \Delta l_2}. \quad (4)$$

**Порядок выполнения работы:**

1. Записываем в таблицу плотность воды  $\rho_{ж}$ , ускорение свободного падения  $g$ , цену деления линейки  $C_{лин}$  и мензурки  $C_{менз}$ .
2. Измерить объём тела  $V$ , опустив его в мензурку с водой.
3. Закрепить пружину и линейку(в вертикальном положении) в лапке штатива.
4. Подвесить к пружине груз и измерить удлинение в воздухе  $\Delta l_1$ .
5. Опустить груз в сосуд с водой и измерить удлинение пружины в воде  $\Delta l_2$ .
6. Рассчитать значение массы по формуле (4).
7. Рассчитать погрешность измерения массы:

- Относительная погрешность измерения массы

$$\varepsilon = 2 \frac{C_{лин}}{\Delta l_2} + \frac{C_{мен}}{V}.$$

- Абсолютная погрешность измерения массы:

$$\Delta m = \varepsilon_m \cdot m$$

№ опыта	Плотность жидкости, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Ускорение свободного падения, $g$ , м/с <sup>2</sup>	$C_{лин}$ , м	$C_{менз}$ , м	Объём $V$ , м <sup>3</sup>	Удлинение пружины, $\Delta l_1$ , м	Удлинение пружины, $\Delta l_2$ , м	Масса, $m$ , кг	Относительная погрешность, $\varepsilon$ , %	Абсолютная погрешность, $\Delta m$
1										
2										
3										

**Контрольные вопросы:**

1. В стакане с водой плавает кусок льда. Что произойдет с уровнем воды, когда лед растает?
2. В стакане с водой плавает кусок льда с вмёрзшим в него деревянным шариком. Что произойдет с уровнем воды, когда лед растает? Что произойдет с шариком, если в стакан налить растительного масла (толщина слоя масла больше диаметра шарика)?
3. Цепь выдерживает нагрузку 70 кН. Можно ли на этой цепи удержать под водой гранитную глыбу объёмом 4 м<sup>3</sup>? Плотность гранита 2600 кг/м<sup>3</sup>.

## **Лабораторная работа №2.**

### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСКОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛА***

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** отработать практический прием определения ускорения тела по его перемещению и времени движения.

**ОБОРУДОВАНИЕ:** секундомер с датчиками, направляющая рейка, каретка, грузы, штатив с лапкой, пластиковый коврик.

#### **КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.**

Работа интересна тем, что в ходе ее выполнения студенты убеждаются в возможности применения полученных знаний в практических целях - осваивают прием измерения ускорения тела, основанный на выводах теории равноускоренного движения.

В работе измеряют ускорение каретки, с которым она движется вдоль направляющей рейки вниз без начальной скорости. Из уравнения для равноускоренного прямолинейного движения следует, что в этом случае перемещение каретки, ускорение и время движения связаны соотношением:  $S = \frac{at^2}{2}$ , откуда  $a = \frac{2S}{t^2}$  (1).

Следовательно, чтобы определить ускорение, достаточно измерить перемещение и время, затраченное на это перемещение.

Перемещение определяют по разности конечной и начальной координат шарика. Время движения - секундомером.

### ХОД РАБОТЫ:

1. Установите каретку наверху в упор на направляющей рейке см. рис. и придерживайте её рукой.
2. Один из датчиков от секундомера установите настолько близко к каретке, как только возможно, т.е. так, чтобы ещё не срабатывал счётчик секундомера. Второй датчик установите ниже.
3. Измерьте расстояние между датчиками.
4. Отпустите каретку. При прохождении каретки мимо первого датчика секундомер включается, при прохождении второго –выключается. Снимите показания секундомера.
5. Вычислите среднее значение ускорения на заданном участке пути.
6. Опыт проделать 3-4 раза , устанавливая второй датчик на разных расстояниях от первого.
7. Вычислите относительную и абсолютную погрешность.

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S} + \frac{2\Delta t}{t}$$

$$\Delta a = \varepsilon \cdot a$$

8. Данные измерений и расчетов занесите в таблицу.

№ опыта	x <sub>1</sub> , мм	x <sub>2</sub> , мм	S, см	t, с	t <sub>ср</sub> , с	a <sub>ср</sub> , м/с <sup>2</sup>	Относительная погрешность ,ε, %
1							
2							
3							

В таблице: x<sub>1</sub>, - координата начального положения каретки; x<sub>2</sub> -координата конечного положения каретки; S - перемещение каретки; t - время её движения; t<sub>ср</sub> - среднее время движения; a<sub>ср</sub> - ускорение каретки, рассчитанное по формуле (1).

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. В каком случае ускорение тела считается постоянным?
2. Куда направлено ускорение при равноускоренном(равнозамедленном) движении тела?
3. Найдите начальную координату, начальную скорость, ускорение и постройте график зависимости скорости от времени , если движение тела задано уравнением:  $x = -4 + 3t + 8t^2$ .

### **Лабораторная работа №3.**

#### ***Измерение коэффициента трения скольжения с помощью закона сохранения энергии.***

**Цель работы:** измерить коэффициент трения скольжения , используя закон сохранения энергии.

**Оборудование:** динамометр, груз, направляющая рейка, нить, каретка.

**Краткая теория:** Закон сохранения энергии — основной закон природы, заключающийся в том, что энергия замкнутой системы сохраняется во времени. Другими словами, энергия не может возникнуть из ничего и не может в никуда исчезнуть, она может только переходить из одной формы в другую.

Для замкнутой системы физических тел, например, справедливо равенство  $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ , где  $E_{k1}$ ,  $E_{p1}$  — кинетическая и потенциальная энергии системы какого-либо взаимодействия,  $E_{k2}$ ,  $E_{p2}$  — соответствующие энергии после.

Потенциальная энергия упруго сжатой пружины равна работе силы трения

$$\frac{F_{\text{упр}} \cdot x}{2} = \mu \cdot F_{\text{Т}} \cdot s \quad (1)$$

$$\mu = \frac{F_{\text{упр}} x}{2F_{\text{Т}} s} \quad (2)$$

#### **Ход работы:**

1. Направляющую рейку кладут на горизонтальную поверхность стола, на рейку — динамометр и каретку с грузами, предварительно измерив их вес, равный по модулю силе тяжести  $F_{\text{Т}}$ . Каретку и динамометр соединяют нитью длиной около 10-15 см (рис.)
2. Удерживая динамометр у края рейки, оттягивают каретку так, чтобы пружина динамометра растянулась, записывают показания динамометра  $F_{\text{упр}}$  и измеряют растяжение  $x$  его пружины.
3. Затем отпускают каретку, и она движется в сторону динамометра.



4. Измеряют путь  $s$ , пройденный кареткой.
5. Результаты измерений занести в таблицу.
6. Вычислите коэффициент трения  $\mu$  по формуле (2)
7. Вычислите погрешность измерений:

$$\varepsilon = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta S}{S}$$

$$\Delta\mu = \varepsilon \cdot \mu$$

Сила тяжести $F_T, \text{ Н}$	Сила упругости $F_{\text{упр}}, \text{ Н}$	Растяжение пружины $x, \text{ м}$	Путь $s, \text{ м}$	Коэффициент трения $\mu$	Относительная погрешность, $\varepsilon$	Абсолютная погрешность, $\Delta\mu$

**Контрольные вопросы:**

1. Может ли сохраняться механическая энергия системы, на которую действуют внешние силы?
2. Во что переходит механическая энергия в системе, в которой действуют силы трения?
3. Определить полную энергию тела массой 500 кг, поднятого на высоту 4 м, если его скорость при этом увеличилась от нуля до 2 м/с.

**Лабораторная работа №4.**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА.**

**Цель работы:** определить абсолютную и относительную влажность воздуха.

**Приборы и материалы:** два термометра на подставке и (или) психрометр, дистиллированная вода, психрометрическая таблица.

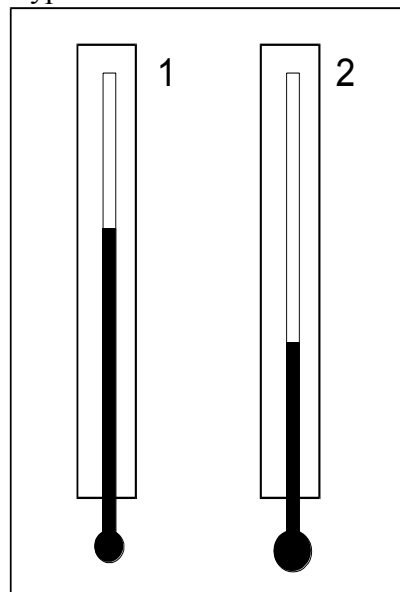
**Краткие теоретические сведения:**

Плотность водяного пара  $\rho_a$ , находящегося в воздухе, или давление пара  $p_a$  - называют абсолютной влажностью воздуха.

Но степень влажности чаще оценивается относительной влажностью  $V$ . Относительную влажность измеряют числом, показывающим, сколько процентов составляет абсолютная влажность  $\rho_a$  от плотности водяного пара  $\rho_n$ , нужной для насыщения воздуха при имеющейся у него температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_n} \cdot 100\% \quad (1), \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{p_a}{p_n} \cdot 100\% \quad (2)$$

Или, относительная влажность измеряется числом, показывающим, сколько процентов составляет абсолютная влажность  $p_a$  от давления водяного пара  $p_n$  насыщающего воздух при имеющейся у него температуре:



ПСИХРОМЕТР

**Ход работы**

1. Конец термометра 2 обернуть марлей, смоченной в дистиллированной воде.
2. Когда температура смоченного термометра перестанет изменяться, запишите показания обоих термометров в таблицу.
3. Пользуясь психрометрической таблицей определить относительную влажность воздуха.
4. Выразить из формулы (1) и (2) абсолютные влажности  $\rho_a$  и  $p_a$ .
5. Пользуясь таблицей, определить давление и плотность насыщенного водяного пара при температуре сухого термометра  $t_1$ .

6. Определить относительную погрешность измерения  $\varepsilon = \frac{\Delta t_1}{t_1} + \frac{\Delta t_2}{t_2}$ .
7. Определить абсолютную погрешность  $\Delta p = \varepsilon \cdot p$ ,  $\Delta p = \varepsilon \cdot p$ .
8. Записать окончательный результат. Сделать вывод.

Показания сухого термометра $t_1 (^{\circ}\text{C})$	Показания влажного термометра $t_2 (^{\circ}\text{C})$	Разность показаний $\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Относительная влажность $\varphi(\%)$

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Температура смоченного термометра понижается. Находится ли степень понижения в зависимости от влажности воздуха?
2. В каком случае разность показаний сухого и смоченного термометров больше: когда воздух суше или когда он более влажен?
3. Что называется точкой росы?
4. Почему абсолютную влажность можно измерять двумя величинами?

**Лабораторная работа №5**

***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ***

**Цель работы:** определить коэффициент поверхностного натяжения воды.

**Приборы и материалы:** (метод 1) бюретка с краном, весы учебные с разновесом, сосуд с водой, сосуд для сбора капель, микрометр, набор игл.

**Приборы и материалы:** (метод 2) капиллярная трубка, пробирка с подкрашенной водой, линейка, штангенциркуль.

### **Краткие теоретические сведения:**

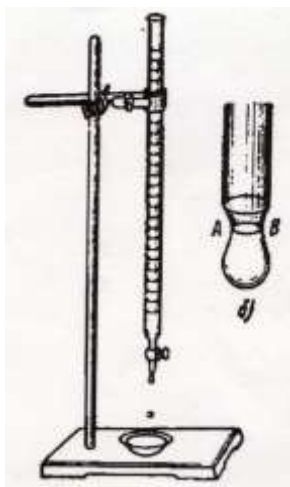
Молекулы поверхностного слоя жидкости обладают избытком потенциальной энергии по сравнению с энергией молекул, находящихся внутри жидкости.

Как и любая механическая система, поверхностный слой жидкости, стремясь уменьшить потенциальную энергию, сокращается. При этом совершается работа  $A = \sigma \cdot \Delta S$ , где  $\sigma$ —коэффициент пропорциональности (выражается в Дж/м<sup>2</sup> или Н/м), называемый поверхностным натяжением:  $\sigma = A/\Delta S$ , или  $\sigma = F/l$ , где  $F$ —сила поверхностного натяжения,  $l$ — длина границы поверхностного слоя жидкости. Поверхностное натяжение можно определить различными методами.

#### **1. Метод отрыва капель.**

Опыт осуществляют с бюреткой, в которой находится исследуемая жидкость (рис. 1, а). Открывают кран бюретки так, чтобы из бюретки медленно падали капли. Перед моментом отрыва капли сила тяжести её  $P = m_k \cdot g$  равна силе поверхностного натяжения, граница свободной поверхности - окружность шейки капли (АВ на рис. 1, б). Следовательно,  $F = m_k \cdot g$   $l = \pi d_{ик}$  .;

$\sigma = m_k \cdot g / (\pi d_{ик})$ . Опыт показывает, что  $d_{ик} = 0,9 d_б$ , где  $d_б$  — диаметр канала узкого конца бюретки.



#### **Ход работы:**

1. Собрать установку по рис. 1, а и наполнить бюретку водой.
2. Измерить диаметр канала узкого конца бюретки, для этого ввести до упора в канал (Рис. 1) бюретки иглу соответствующей толщины, заметить то место, до которого она вошла, и микрометром измерить диаметр иглы в отмеченном месте. Измерения микрометром повторить несколько раз, поворачивая при этом иглу на определенный угол. Если результаты измерения будут различаться, взять их среднее значение.
3. Определить массу пустого сосуда для сбора капель, взвесив его.

4. Подставить под бюретку сосуд, в котором была вода, и, плавно открывая кран, добиться медленного отрывания капель (капли должны падать друг за другом через 1-2 с).
5. Под бюретку с отрегулированными каплями подставить взвешенный сосуд и отсчитать 100 капель.
6. Измерив массу сосуда с каплями, определить массу капель.
7. Результаты измерений и вычислений записать в таблицу.
8. Вычислить поверхностное натяжение по формуле

$$\sigma = \frac{mg}{n\pi \cdot 0,9d_6}$$

9. Опыт повторить 1—2 раза с другим количеством капель.
10. Найти среднее значение  $\sigma_{cp}$ ; сравнить полученный результат с табличным значением поверхностного натяжения с учетом температуры.
11. Определить относительную погрешность методом оценки результатов измерений.

Номер опыта	Масса			Число капель, n	Диаметр канала бюретки d, м	Поверхностное натяжение $\sigma$ , Н/м	Среднее значение поверхностного натяжения $\sigma_{cp}$ , Н/м	Табличное значение поверхностного натяжения отабл, Н/м	Относительная погрешность
	пустого сосуда $m_1$ , кг	сосуд с каплями $m_2$ , кг	Капель m, кг						

### Контрольные вопросы.

1. Почему поверхностное натяжение зависит от вида жидкости?
2. Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
3. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой — с прибавкой мыла. Одинаковы ли объемы отмеренных капель? Ответ обоснуйте.
4. Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт проводить в другом месте Земли?
5. Изменится ли результат вычисления, если диаметр канала трубки будет меньше?
6. Почему в варианте 1: а) рекомендуется проводить измерения для возможно большего числа капель? б) следует добиваться медленного падения капель?

**Лабораторная работа №6.**  
**ИЗУЧЕНИЕ ИЗОБАРНОГО ПРОЦЕССА**

**Цель работы:** проверка соотношения между изменением объема и температуры определенного количества газа при его изобарном охлаждении.

**Приборы и материалы:** прозрачная трубка с двумя кранами на концах, лабораторный термометр, линейка, внешний стакан калориметра, сосуд с теплой водой, сосуд с холодной водой.

**Краткие теоретические сведения:**

Давление ( $p$ ), объем ( $V$ ) и температура ( $T$ ) являются **основными параметрами состояния** газа.

Всякое изменение состояния газа называется **термодинамическим процессом**.

Термодинамические процессы, протекающие в газе постоянной массы при неизменном значении одного из параметров состояния газа, называются **изопроцессами**.

Изопроцессы являются идеализированной моделью реального процесса в газе.

**Изопроцессы** подчиняются **газовым законам**.

**Газовые законы** определяют количественные зависимости между двумя параметрами газа при неизменном значении третьего.

Газовые законы справедливы для любых газов и газовых смесей.

**Изобарный процесс (  $p = \text{const}$  )**

Изобарным процессом называются изменения состояния газа, протекающие при постоянном давлении.

Изобарный процесс в идеальном газе подчиняется закону **Гей-Люсака**:

$$\frac{V}{T} = \text{const} (p = \text{const})$$

Для газа данной массы отношение объема газа к его температуре постоянно, если давление газа не меняется.

Формулу закона можно записать иначе

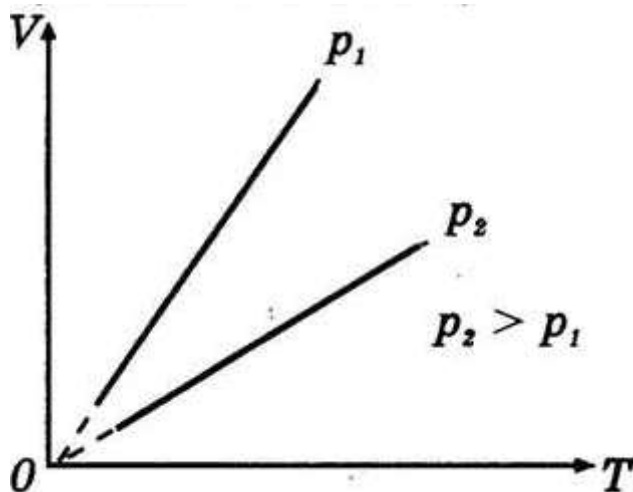
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (при } p = \text{const)}$$

где  $V_1, V_2, T_1, T_2$  – параметры газа в разные моменты времени.

**Графическое представление** изобарного процесса:

$V=f(T)$  - график, отражающий изобарный процесс, называется **изобарой**.

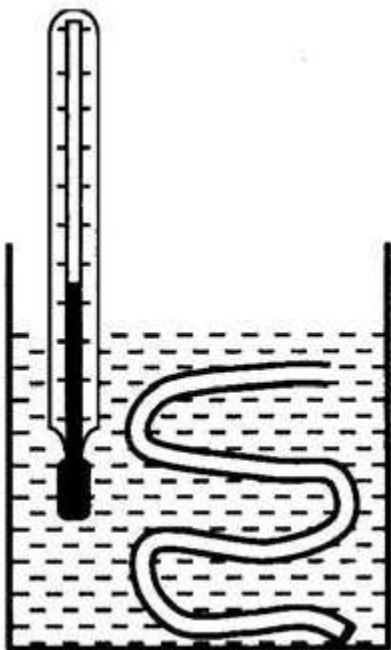
(математически – это линейная зависимость)



На графиках представлены изобары для разных давлений газа.

**Ход работы:**

1. Трубку плотно, виток к витку, укладывают внутрь стакана калориметра. Кран, который расположится при этом вблизи дна, предварительно закрывают. Верхний кран оставляют открытым.
2. Налить в калориметр нагретую до  $55 - 60$  °С воду так, чтобы открытый кран оказался погруженным в нее не более чем на 5-10 мм.



3. Когда температура воздуха сравняется с температурой теплой воды, выделение пузырьков прекратится. Это состояние воздуха в трубке принимают за исходное. Температуру воздуха в исходном состоянии  $T_1$  можно определить, если измерить температуру воды в стакане.
4. Затем открытый конец трубки закрывают и переносят трубку в холодную воду. Газ охлаждается и сжимается, и под действием атмосферного давления вода поступает в трубку. Таким образом, условия изобарного процесса выполнены:  $m = \text{const}$  и  $p = \text{const}$ . Определяем  $T_2$  в холодной воде.
5. Поскольку  $V = S \cdot l$ ,  $S$ -сечение трубки,  $l$ -высота столба воздуха в ней, то
6.  $\frac{l_1}{l_2} = \frac{T_1}{T_2}$ , где  $l_1$ -начальная высота столба воздуха(равная длине трубки);
7.  $l_2$ - конечная (меньше длины трубки на длину столба залившейся воды).
8. Измеряем линейкой длину столба воздуха  $l_1$  и  $l_2$ .
9. Рассчитываем соотношения :

$$C_l = \frac{l_1}{l_2}$$

$$C_T = \frac{T_1}{T_2}$$

2. Полученные результаты заносим в таблицу:

Номер опыта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$l_1, \text{м}$	$l_2, \text{м}$	$T_1, \text{К}$	$T_2, \text{К}$	$C_l$	$C_T$	$\varepsilon, \%$

3. Вычисляем погрешность по формуле:

$$\varepsilon = \frac{C_l - C_T}{0,5 \cdot (C_l + C_T)}$$



### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:**

1. Что называют идеальным газом?
2. Каков простейший механический аналог модели «идеальный газ»?
3. Что характеризуют микропараметры и макропараметры идеального газа?
4. Приведите примеры параметров.
5. Какие процессы называют изопроцессами?
6. Охарактеризуйте изопроцессы по плану: а) какой параметр процесса постоянен; б) формула (закон) процесса; в) формулировка закона; г) как на опыте осуществить процесс?

### **Лабораторная работа №7.**

#### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА ПРОВОДНИКА***

**Цель работы:** Определить удельное сопротивление материала, из которого изготовлена проволока.

**Приборы и оборудование:** проволока из материала с большим удельным сопротивлением, амперметр, вольтметр, линейка, источник постоянного напряжения, соединительные провода, ключ.

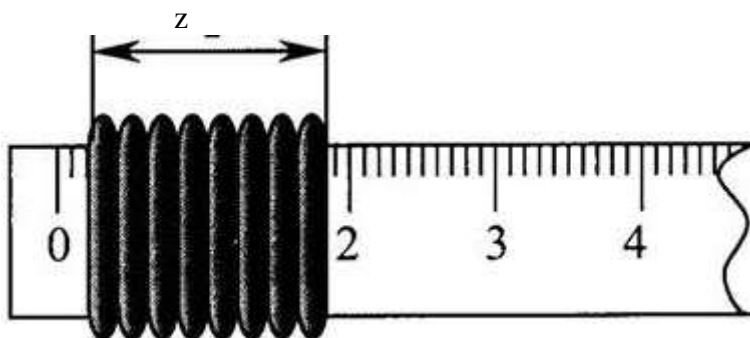
#### **Краткие теоретические сведения:**

Сопротивление определяется материалом проволоки, её длиной и площадью поперечного сечения.

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

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

$\rho$ -удельное сопротивление материала,  $R$ - сопротивление проволоки,  $l$  - её длина,  $S$ - площадь её сечения.



Длину проволоки легко измерить линейкой. Площадь сечения находится через её диаметр  $d$ :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} .$$

Поскольку диаметр мал, то непосредственно линейкой его измерить трудно. Поэтому можно воспользоваться следующим способом. На линейку наматывают  $N$  витков проволоки и измеряют толщину полученного мотка  $z$ .

Тогда диаметр равен :

$$d = \frac{z}{N}$$

**Ход работы:**

Последовательно определить следующие величины. Данные занести в таблицу.

1) Длина реостата  $z$

2) Число витков  $N$

3) Диаметр проволоки  $d = \frac{z}{N}$

4) Площадь поперечного сечения

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

5) Выписать с нижней стороны реостата его сопротивление в Ом.

6) Удельное сопротивление

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

7) Рассчитать абсолютную погрешность

$$\Delta\rho = |\rho - \rho_{\text{таб}}|$$

8) Относительную погрешность измерений

$$\varepsilon = \frac{\Delta\rho}{\rho_{\text{таб}}}$$

9) Определить по таблице, из какого материала изготовлена проволока.

$z$	$l, \text{м}$	$N$	$\rho_{\text{таб}}, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$I, \text{А}$	$U, \text{В}$	$d, \text{м}$	$S, \text{м}^2$	$R, \text{Ом}$	$\rho, \text{Ом}\cdot\text{м}$	$\varepsilon, \%$

**Контрольные вопросы:**

1. Что называется удельным сопротивлением проводника, чем оно отличается от сопротивления  $R$ ?

2. Чем обусловлено сопротивление проводников? От чего оно зависит?

3. Нарисуйте графики зависимости сопротивления проводников и полупроводников от температуры. Как изменяются сопротивления диода и резистора при увеличении температуры на  $10^\circ\text{C}$ ?

## ИЗУЧЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО И ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ.

**Цель работы:** научиться соединять проводники последовательно и параллельно.

**Приборы и оборудование:** электронный конструктор «Знаток», источник электроэнергии, резисторы (проволочные спирали на панелях с клеммами, сопротивление каждого резистора указано на панели), амперметр постоянного тока, вольтметр постоянного тока, реостат ползунковый, ключ, соединительные провода.

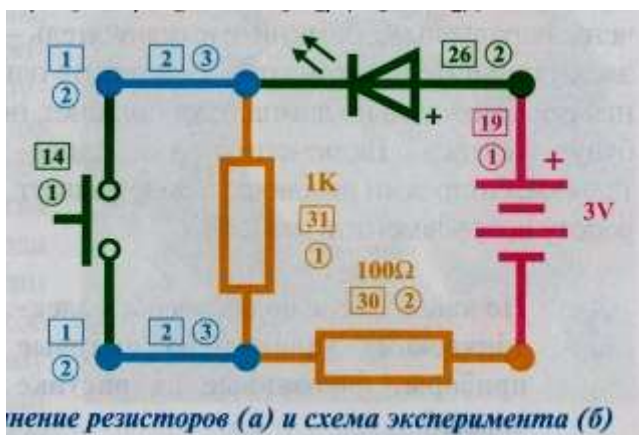
### **Краткие теоретические сведения:**

Потребители электрической энергии – электрические лампочки, электронагревательные приборы, провода и т. п. – обладают определенным сопротивлением, поэтому их часто называют «проводниками» или резисторами. Обычно электрическая цепь состоит из нескольких резисторов, соединенных последовательно, параллельно или смешанно. Для простоты расчета электрических цепей резисторы мысленно заменяют одним, при включении которого режим цепи не нарушается, т.е. сила тока и напряжение остаются прежними. Сопротивление этого резистора называют эквивалентным общему сопротивлению нескольких резисторов, образующих цепь.

### **Ход работы:**

#### **Последовательное соединение резисторов.**

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рисунке.



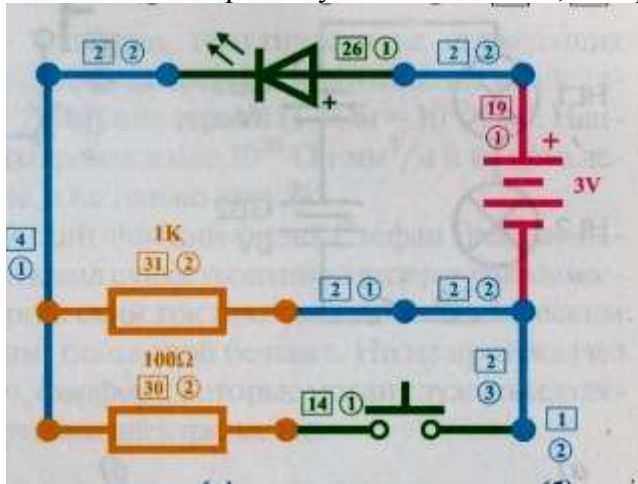
2. Измерение резисторов (а) и схема эксперимента (б)

- После проверки электрической цепи преподавателем цепь замкнуть и измерить напряжение на отдельных резисторах. Для этого прикоснуться наконечниками проводов, идущих от вольтметра к клеммам резисторов.
- Измерить напряжение на концах всей группы резисторов (участок АВ).
- Проверить соотношение  $U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$  и сделать вывод.
- По формуле  $I = U/R$  вычислить силу тока в каждом резисторе. Сравнить ее с показателями амперметра и сделать вывод.
- Омметром определить эквивалентное сопротивление  $R_{ЭКВ} = R_{AB}$ . Проверить справедливость формулы  $R_{ЭКВ} = R_1 + R_2 + R_3$  и сделать вывод.
- Результаты записать в таблицу

Номер опыта	Сопротивление, Ом				Напряжение, В				Сила тока, А			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>ЭКВ</sub>	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	U <sub>АВ</sub>	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>общ</sub>

### Параллельное соединение резисторов.

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис.



2. После проверки цепи преподавателем ключ замкнуть, с помощью реостата установить силу тока в цепи 1,5 – 2 А.
3. Переключить амперметр из магистрали в ту или иную ветвь и измерить силу тока в каждом резисторе. Проверить соотношение  $I = I_1 + I_2 + I_3$  и сделать вывод.
4. Омметром измерить сопротивление разветвления (эквивалентное сопротивление)  $R_{ЭКВ}$ .
5. Проверить справедливость формулы  $1/R_{ЭКВ} = (1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3)$  и сделать вывод.
6. Результаты записать в таблицу.

Номер опыта	Сопротивление, Ом				Напряжение U <sub>АВ</sub> , В	Сила тока, А			
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>ЭКВ</sub>		I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>общ</sub>

### Контрольные вопросы.

1. Восемь резисторов соединили по два последовательно в четыре параллельные ветви. Начертите схему соединения.
2. Учащийся при измерении напряжения на лампочке включил по ошибке амперметр вместо вольтметра. Что при этом произойдет?
3. Что изменилось на данном участке цепи, если включенный последовательно с ним амперметр показал увеличение силы тока?
4. Как включить 10 ламп для освещения трамвайного вагона, рассчитанных на напряжение 120 В? Напряжение на трамвайной сети 600 В.

### **Лабораторная работа №9.**

#### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА.***

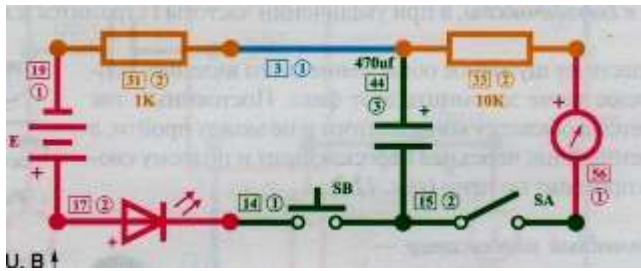
***Цель работы:*** Научиться определять электроёмкость конденсатора опытным путём.

**Оборудование.** 1. Источник электрической энергии 6 В. 2. Миллиамперметр. 3. Конденсаторы (3 – 4 шт.) известной ёмкости (1 – 6 мкФ). 4. Конденсатор неизвестной ёмкости. 5. Двухполюсный переключатель. 6. Соединительные провода.

**Теория.** Важнейшей характеристикой любого конденсатора является его электрическая ёмкость  $C$  – физическая величина, равная отношению заряда  $Q$  конденсатора к разности потенциалов  $U$  между его обкладками:  $C=Q/U$ . Выражается в СИ в фарадах (Ф). Ёмкость конденсатора можно определить опытным путем.

#### **Порядок выполнения работы.**

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис. В цепи установить один из конденсаторов известной емкости.



2. Конденсатор зарядить; для этого соединить его (переключателем) на короткое время с источником электрической энергии.

3. Сосредоточив внимание на миллиамперметре, быстро замкнуть конденсатор на измерительный прибор и определить число делений, соответствующее максимальному отклонению стрелки.

4. опыт повторить для более точного определения числа делений  $n$  и найти отношение найденного количества делений к емкости взятого конденсатора  $C$ :  $n/C=k$ .

5. Опыт повторить 2 – 3 раза с другими конденсаторами известной емкости.

6. Результаты измерений, вычислений записать в таблицу:

Номер опыта	Емкость конденсаторов $C$ , мкФ	Число делений по шкале миллиамперметра $n$	Отношение числа делений к емкости $n/C=k$	Найденная емкость конденсатора $C_x$ , мкФ	Относительная погрешность $\varepsilon = \frac{ C_{\text{таб}} - C_x }{C_{\text{таб}}} \cdot 100\%$

7. Опыт (п.1 – 4) повторить с конденсатором неизвестной емкости  $C_x$ . Определить в этом случае число делений  $n_x$  и найти емкость из соотношения  $C_x = n_x/k$ .
8. Узнать у преподавателя емкость исследуемого конденсатора и, приняв ее за табличное значение, определить относительную погрешность.

**Дополнительное задание.**

1. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис. 12, включив в нее два параллельно соединенных конденсатора известной емкости.

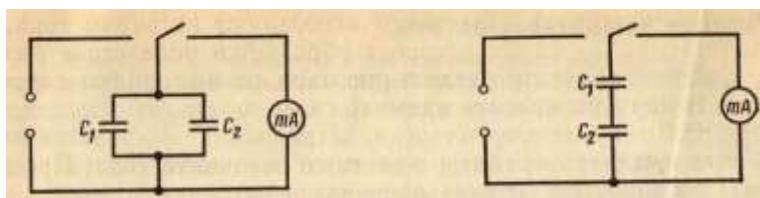
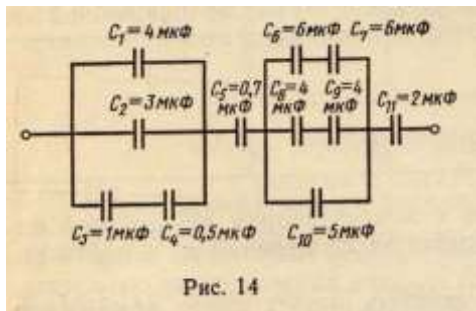


рис.12 рис.13

2. Повторить опыт (п. 7) и найти емкость батареи параллельно соединенных конденсаторов  $C_{\text{пар}}$ .
3. Проверить соотношение  $C_{\text{пар}} = C_1 + C_2$  и сделать вывод.
4. Составить электрическую цепь по схеме, изображенной на рис. 13, включив в нее два последовательно соединенных конденсатора известной емкости.
5. Проверить опыт (п. 7) и найти емкость батареи последовательно соединенных конденсаторов  $C_{\text{пос}}$ .
6. Проверить соотношение  $\frac{1}{C_{\text{пос}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  и сделать вывод.

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Конденсатор в переводе – сгуститель. По какой причине прибору дано такое странное название?
2. В чем сущность указанного метода определения емкости конденсатора?
3. Объяснить, можно ли соотношение  $C = Q/U$  прочесть так: емкость конденсатора прямо пропорциональна его заряду и обратно пропорциональна напряжению между его обкладками?
4. Почему емкость конденсатора постоянна?
5. От чего и как зависит емкость простейшего конденсатора? Запишите формулу этой емкости.



6. Определите заряд батареи конденсаторов, соединенных так, как показано на рис. 14. Емкость каждого конденсатора (в мкФ) указана на рисунке.

### Лабораторная работа №10.

#### ***ОПРЕДЕЛЕНИЕ Э.Д.С. И ВНУТРЕННЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ.***

**ОБОРУДОВАНИЕ:** аккумулятор, амперметр, вольтметр, реостат, электрическая лампа, выключатель, соединительные провода.

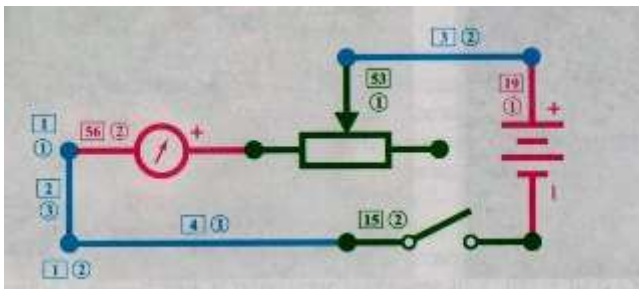
#### **ТЕОРИЯ ОПЫТА.**

Для замкнутой электрической цепи, где источник имеет ЭДС  $\varepsilon$  и внутреннее сопротивление  $r$ , напряжение на клеммах источника тока (на внешней цепи) равно  $U=I \cdot R$ ,

где  $I = \frac{\varepsilon}{r + R}$ .

#### **ХОД РАБОТЫ.**

1. Собрать электрическую цепь согласно схеме.



2. Измерить ток в цепи  $I$ .
3. Измерить ЭДС источника тока  $\varepsilon$ .
4. Измерить напряжение на зажимах  $r \cdot I$ .



5. Измерить падение напряжения в лампочке и реостате  $U_n$  и  $U_p$ .
6. Сравнить сумму падений напряжения в лампочке и реостате с величиной напряжения на зажимах источника тока  $U_3$  и  $(U_n + U_p)$ .
7. Определить падение напряжения ее внутренней цепи.
8. Определить внутреннее сопротивление источника тока  $r$ .
9. Данные записать в таблицу.

№ опыта	Сила тока $I$ (А)	ЭДС источника $\varepsilon$	Напряжение на зажимах $U_3$ (В)	Внутреннее сопротивление $r$ (Ом)	Относительная погрешность $\varepsilon$ (%)	Абсолютная погрешность $\Delta r$ (Ом)
1						
2						

$$\varepsilon = I \cdot R - I \cdot r = U - I \cdot r$$

$$\begin{cases} \varepsilon = U_1 - I_1 \cdot r \\ \varepsilon = U_2 - I_2 \cdot r \end{cases}$$

$$U_1 - I_1 \cdot r = U_2 - I_2 \cdot r ; \quad r = \frac{U_2 - U_1}{I_2 - I_1} ; \quad \varepsilon = U_1 - I_1 \cdot r = U_2 - I_2 \cdot r$$

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. Что такое ЭДС источника тока?
2. Что такое напряжение на зажимах источника тока?
3. Почему напряжение на зажимах меньше ЭДС?
4. Можно ли измерить вольтметром ЭДС источника тока?
5. Как читается закон Ома для полной цепи?
6. Как определить внутреннее сопротивление источника тока?

**Лабораторная работа №11.**  
**ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ЛАМПЫ НАКАЛИВАНИЯ.**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** Исследование зависимости мощности, потребляемой лампой накаливания, от напряжения на ее зажимах.

**ОБОРУДОВАНИЕ:** Источник постоянного тока, амперметр, вольтметр, реостат, электрическая лампа, выключатель, провода.

**ТЕОРИЯ ОПЫТА.**

Мощность тока - величина, характеризующая, с какой скоростью совершается работа тока. Так как работа тока может быть определена по формуле  $A=I \cdot U \cdot t$ , то мощность тока  $P$  можно вычислить, зная величину тока  $I$  и напряжения  $U$ .

$$P=I \cdot U \text{ (Вт)}$$

Из формулы видно, что мощность тока зависит от напряжения.

Схема цепи:

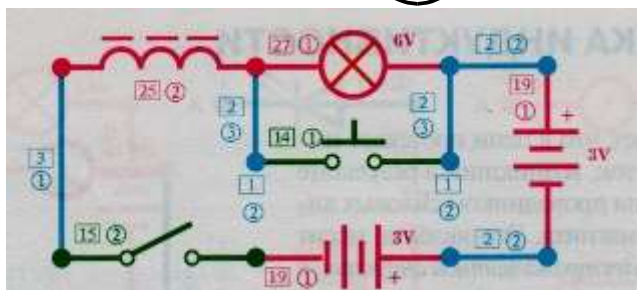
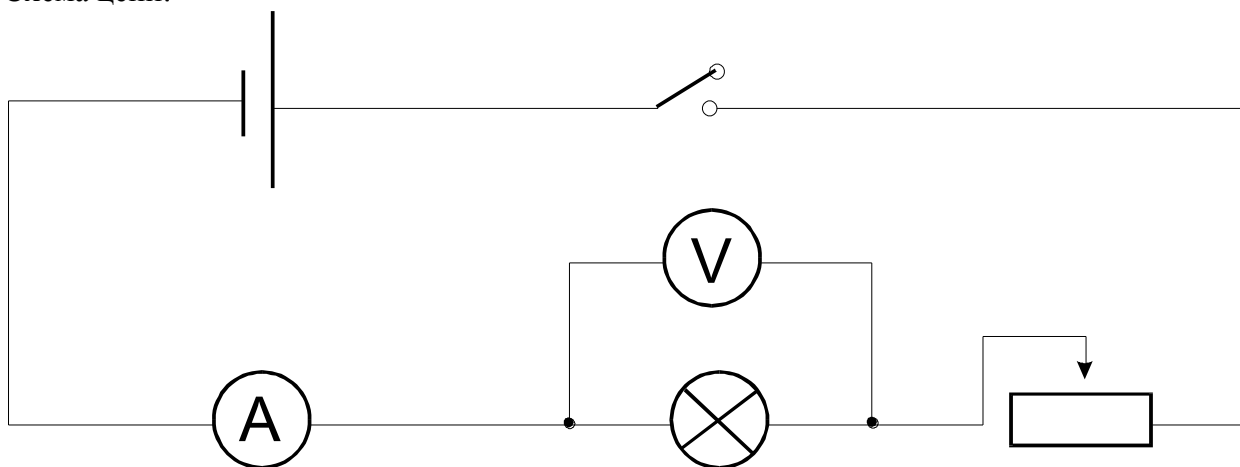


Таблица результатов измерений.

№ Опыта	Сила тока I(A)	Напряжение U(B)	Мощность P(Вт)	Относительная погрешность $\varepsilon(\%)$	Абсолютная погрешность $\Delta P$ (Вт)

1. Измерить силу тока и напряжение 4-5раз.
2. Вычислить мощность лампочки. Записать окончательный результат.
3. Вычислить относительную погрешность и абсолютную погрешность:

$$\varepsilon = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U}$$

$$\Delta P = P \cdot \varepsilon$$

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. В чем состоит отличие между электрическим током и током проводимости?
2. Какое направление принимается за направление электрического тока и в чем в действительности задается электрический ток в металлических проводниках?
3. Какие еще существуют формулы для определения мощности?

## Лабораторная работа №12. Изучение свойств полупроводников.

**ЦЕЛЬ:** Изучить свойства полупроводникового диода, построить ВАХ.

**Оборудование:** полупроводниковый диод, реостат, миллиамперметр, вольтметр, источник постоянного напряжения. Соединительные провода, ключ.

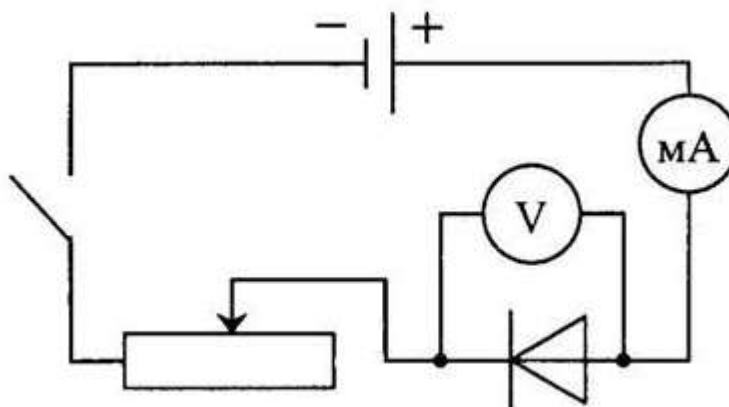
### ТЕОРИЯ:

Диод- полупроводниковый прибор, имеющий два вывода, положительный-анод и отрицательный-катод. Основу выпрямительного диода составляет электронно-дырочный переход(p-n переход).

Вольт-амперная характеристика (ВАХ) прибора- это зависимость силы тока через прибор от напряжения, приложенного к нему. ВАХ диода состоит из двух участков. Один соответствует включению диода в прямом направлении; другой – в обратном.

### ХОД РАБОТЫ:

1. Собрать электрическую цепь. Установить движок реостата на max.



2. Замкнуть ключ.
3. Снять показания силы тока и напряжения. Занести показания в таблицу.
4. Перемещая движок реостата , снять ещё показания 4 раза.

№ опыта	1	2	3	4	5
Сила тока $I, \text{mA}$					
Напряжение $U, \text{V}$					

5. Построить график зависимости  $I=f(U)$ .

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. В чем различие проводимости проводников и полупроводников?
2. Как объяснить уменьшение удельного сопротивления полупроводника при уменьшении температуры?
3. Что показывает вольт-амперная характеристика диода?

## Лабораторная работа №13.

**Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника**

**Оборудование:** шарик с отверстиями, нить, штатив с муфтой и кольцом, часы с секундной стрелкой, измерительная лента.

### ТЕОРИЯ:

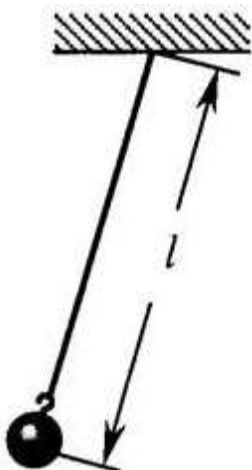
Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити.

Ученые Галилей, Ньютон, Бессель и другие установили следующие законы колебания математического маятника:

1. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает  $6^\circ$ .
2. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника  $l$  и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний:

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



### Ход работы:

1. Установить на краю стола штатив. У его верхнего конца укрепить с помощью муфты кольцо и подвесить к нему шарик на нити. Шарик должен висеть на расстоянии 1-2 см от пола.
2. Отклонить шарик маятника в сторону на 5-8 см и, отпустив его, дать ему свободно колебаться по прямой линии.
3. Подсчитать число  $n$  колебаний за время  $t$ . Прodelать опыт 2 раза.
4. Измерить лентой длину  $l$  маятника.
5. Рассчитать ускорение свободного падения по формуле  $g = \frac{4\pi^2}{T^2} l$ .
6. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности, записать окончательный результат в таблицу, сделать вывод.

№ опыта	Длина маятника, $l, м$	Число полных колебаний $n$	Время полных колебаний, $t, с$	Период полного колебания, $T, с$	Ускорение свободного падения, $g, м/с^2$	Относительная погрешность, $\varepsilon, \%$

5. Вычислить относительную погрешность по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T}{T}$$

#### Контрольные вопросы.

1. Чему равно ускорение свободного падения на экваторе и на полюсах? В чем причина такой разницы?
2. Чему равно ускорение свободного падения на других планетах?

#### Лабораторная работа №14.

Сборка простейшего радиоприёмника.

#### Лабораторная работа №15

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ**

##### **ТЕОРИЯ.**

Свет при переходе из одной среды в другую меняет свое направление, т.е. преломляется. Преломление объясняется изменением скорости распространения света при переходе из одной среды в другую и подчиняется следующим законам:

1. Падающий и преломленный лучи лежат в одной плоскости с перпендикуляром, проведенным через точку падения луча к границе раздела двух сред.
2. Отношение синуса угла падения  $\varepsilon$  к синусу угла преломления  $\varepsilon'$  - величина постоянная для двух сред и называется коэффициентом преломления  $n$  второй среды относительно первой:



## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.**

1. В чем сущность явления преломления света и какова причина этого явления?
2. В каких случаях свет на границе раздела двух сред не преломляется?
3. Что называется коэффициентом преломления и в чем различие абсолютного и относительного коэффициентов преломления?
4. Покажите на чертеже ход луча света из стекла в воду.

### **Лабораторная работа №16. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА.**

**ОБОРУДОВАНИЕ:** пластинка с параллельными гранями, четыре булавки, миллиметровая бумага, линейка, транспортир.

#### **ТЕОРИЯ.**

Из второго закона преломления  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$   $n_2$  - абсолютный коэффициент преломления второй среды –стекла,  $n_1$  - абсолютный коэффициент преломления второй среды –воздуха.

$$n_2 = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

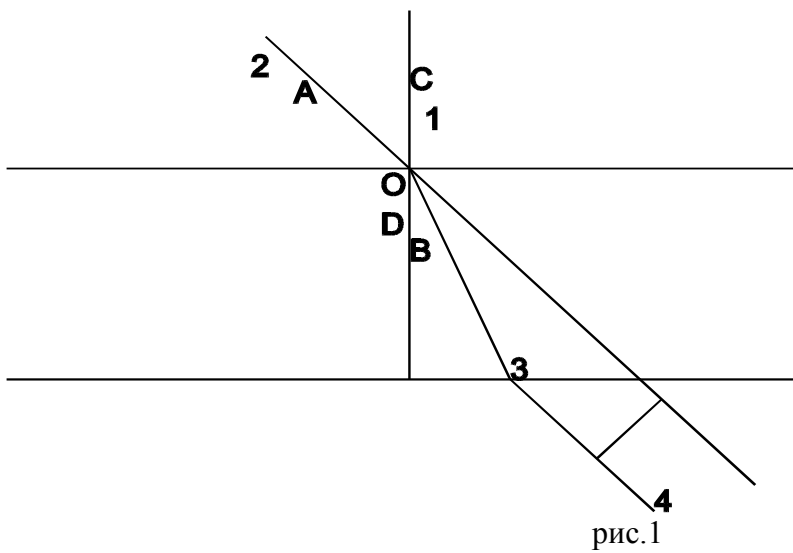
#### **ХОД РАБОТЫ.**

1. Кладем на лист бумаги пластинку с параллельными гранями и проводим прямые по параллельным граням. Берем две булавки и закрепляем одну на прямой ограничивающей верхнюю грань пластинки, а другую выше этой булавки, так чтобы отрезок, соединяющий их, был наклонной прямой к верхней грани пластинки. Третью булавку закрепляем на прямой с другой стороны пластинки, так чтобы, глядя через пластинку все три булавки располагались на одной прямой. Четвертую булавку закрепляем ниже этой прямой, так чтобы все четыре сливались в одну. От точки О на падающем луче и преломленным откладываем произвольные отрезки.

ОА=ОВ

2. Проведем ОС перпендикулярно АС; ВD перпендикулярно ОD тогда:  $\sin \alpha = \frac{AC}{AO}$ ,  $\sin \beta = \frac{DB}{DO}$ ,  $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{AC}{AO} \cdot \frac{DO}{DB}$ ,  $n_2 = \frac{AC}{DB}$ ; измеряем АС и DB вычисляем  $n_2$ .
3. Проверяем параллельность входящего и выходящего лучей, измеряем смещение  $\alpha$ .





**Контрольные вопросы.**

1. Что называется коэффициентом преломления?
2. В чем он измеряется? Чем он определяется?
  6. Что называется абсолютным и относительным показателем преломления?
  7. Какой угол называется углом полного отражения?

**Лабораторная работа №17.**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНОГО ФОКУСНОГО РАССТОЯНИЯ И ОПТИЧЕСКОЙ СИЛЫ СОБИРАЮЩЕЙ ЛИНЗЫ.**

**Оборудование:** лампочка на подставке, батарея аккумуляторов, переключатель, (фонарик или свеча), измерительная лента с мм делениями, длиннофокусная собирающая линза, экран, щель, желоб, провода.

**ТЕОРИЯ.**

Расстояние от оптического центра линзы до ее главного фокуса называется главным фокусным расстоянием линзы  $F$ .

Главное фокусное расстояние линзы связано с расстоянием от оптического центра линзы до предмета  $d$  и до его изображения  $f$  формулой.

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

Величина, обратная фокусному расстоянию линзы, называется оптической силой линзы  $D$  и измеряется в диоптриях, т. е. сумма обратных величин расстояний предмета и его

изображения до оптического центра линзы равна оптической силе линзы.  $D = \frac{1}{F}$ .

Фокусное расстояние и оптическую силу линзы можно определить опытным путем.

**ХОД РАБОТЫ**

1. Установить источник света край стола, экран – у другого края, между ними поместить линзу так, чтобы получить отчетливое изображение на экране.
2. Измерить в обоих случаях расстояние от источника света до линзы  $d$  и измерить от экрана до линзы  $f$  с точностью до мм.
3. Вычислить главное фокусное расстояние линзы  $F$ , пользуясь формулой собирающей линзы.
4. Если изображение получилось увеличенным, то другое, тоже резкое изображение можно получить, передвигая линзу к экрану. Если же изображение было уменьшенным, то для получения второго изображения нужно передвигать линзу к лампочке. Вновь измерить расстояние  $f$  и  $d$ .
5. По найденному главному фокусному расстоянию линзы, выраженному в метрах, определить оптическую силу линзы  $D$ .
6. Результаты всех вычислений и измерений занести в таблицу.
7. Установить лампочку на произвольном расстоянии  $d_1$  от линзы.
8. Зная фокусное расстояние  $F$ , вычислить по формуле расстояние  $f_1$ , на котором должно

находиться изображение  $f_1 = \frac{d_1 F}{d_1 - F}$ .

9. Проверить полученный результат на опыте.
10. Повторить последний эксперимент, расположив лампочку на расстоянии  $d_2 = 2F$  от линзы.

№ линзы	Результаты для изображения				Фокусное расстояние	Оптическая сила линзы	Относительная погрешность	Абсолютная погрешность	
	Увеличенное расстояние		Уменьшение главного фокусного расстояния F (см)	Уменьшенное расстояние					
	От осветителя d (см)	От экрана f (см)		От осветителя d (см)					От экрана f (см)

### Контрольные вопросы.

1. Что называется линзой?
2. Что называется фокусом линзы?
3. Чем собирающая линза отличается от рассеивающей?
4. Что принимается за единицу оптической силы?
5. Что называется увеличением линзы?

### Лабораторная работа №18. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ.

**ОБОРУДОВАНИЕ:** Прибор для определения световой волны, дифракционная решетка.

#### ТЕОРИЯ.

Пусть на дифракционную решетку падает пучок белого света. Вследствие дифракции прошедший через решетку свет будет распространяться по всевозможным направлениям. Для каждой пары щелей будет иметь место следующее.

В точке 0 поставленного за решеткой экрана разность хода лучей любого цвета будет равна нулю, здесь будет центральный, нулевой максимум- белая полоса 0.

В точке экрана, для которой разность хода фиолетовых лучей равна длине волны  $\lambda_{\phi}$  этих лучей, лучи будут иметь одинаковые фазы; здесь будет максимум – фиолетовая полоса Ф.

В точке экрана, для которой разность хода красных лучей  $A_{кр}$  равна длине волны  $\lambda_{кр}$  этих лучей, лучи будут иметь одинаковые фазы, здесь будет максимум – красная полоса К.

Между точками Ф и К расположатся максимумы всех остальных составляющих белого цвета в порядке возрастания длины волны.

Образуется непрерывная цветная полоса – действительное изображение дифракционного спектра 1-го порядка. Таким образом, дифракционную решетку мы можем использовать для исследования белого света и установления сложности его состава.

Из чертежа видно, что  $\lambda_{кр} = d * \sin \varphi_{кр}$   $\lambda_{\phi} = d * \sin \varphi_{\phi}$ , где d – постоянная решетки.

### ХОД РАБОТЫ.

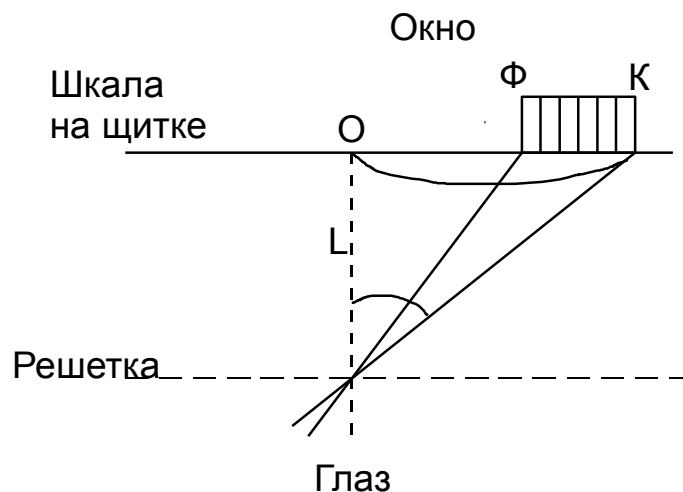
1. Вставить дифракционную решетку в рамку продольной линейки прибора.
2. Экран со шкалой установить на конце продольной линейки.
3. Перемещением экрана со шкалой по продольной линейки добиться наиболее четкого изображения на экране спектров 1-го порядка.
4. Отсчитать на шкале смещение от щели до середины красной части спектра  $a_{кр}$ .
5. Отсчитать на шкале смещение от щели до середины фиолетовой части спектра  $\phi_{кр}$ .
6. Измерить расстояние b от решетки экрана.
7. Из формулы  $k\lambda = d * \sin \varphi$  принимаем  $\text{tg} \varphi \approx \frac{a}{b}$ ; k=1 получается значение длин

$$\text{волн: } \lambda_{кр} = d \frac{a_{кр}}{b}; \quad \lambda_{\phi} = d \frac{a_{\phi}}{b}.$$

8. Повторить наблюдения и измерения для других расстояний между экраном и решеткой.
9. Результаты всех измерений и вычислений занести в таблицу.

№ опыта	Постоянная решетки d, мм	Расстояние от экрана до решетки b, мм	Красная часть спектра			Фиолетовая часть спектра		
			Смещение мм	Длина волны в мм	Погрешность	Смещение ,мм	Длина волны в мм	Погрешность

Чертеж.



### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что называется дифракцией света?
2. Какие методы применяются при решении дифракционных задач?
3. Что называется дифракцией Френеля и дифракцией Фраунгофера?
4. При каком условии две близкие спектральные линии считаются «полностью разрешенными»?

#### Лабораторная работа №14.

Сборка простейшего радиоприёмника.

#### Лабораторная работа №19.

НАБЛЮДЕНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ СВЕТА

И ДИФРАКЦИИ СВЕТА.

#### Критерии оценки:

Оценка «2» ставится, если учащийся не может собрать установку по схеме, указанной в методической рекомендации к лабораторной работе, неправильно снимает показания приборов.

Оценка «3» ставится, если учащийся собирает установку по схеме, указанной в методической рекомендации к лабораторной работе, правильно снимает показания

приборов; пользуясь формулами, указанными в разработке, находит искомую физическую величину.

Оценка «4» ставится, если учащийся производит все вычисления, предусмотренной методической разработкой, правильно определяет абсолютные погрешности измеряемых величин, а также абсолютную и относительную погрешности искомой величины.

Оценка «5» ставится, если учащийся правильно записывает окончательный результат с учетом погрешностей, делает вывод и может указать причины отклонения полученного результата от табличного.

Также может применяться система зачет/незачет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дондукова Р.А. «Руководство по проведению лабораторных работ по физике», М.: «Высшая школа», 1993 г.
2. Матвеев В.Н., Матюшкин – Герке А.А., Богомолов Н.В., Козловский С.М. «Курс математики для техникумов», ч.1, М.: 1997 г. стр. 119
3. Методика преподавания физике в средних специальных учебных заведениях / Под ред. А.А. Пинского, П.И. Самойленко. М.: 1991 г.
4. «Алгебра и начала анализа. ч. 1, / Под ред. Г.Н. Яковлева. М.: «Наука», 1997 г.
5. Демкович В. П. «Сборник вопросов и задач по физике для средней школы» / М.: «Просвещение», 1966 г.

## Приложение 1

### ПРАВИЛА ПОДСЧЕТА ЦИФР

В результате счета большого количества предметов, при различных измерениях, в результате вычислений или при округлении чисел получаются приближенные числа. Задания с приближенными и смешанными данными следует выполнять с соблюдением правил подсчета цифр, при этом необходимо помнить, что точные данные не влияют на количество значащих цифр в окончательном ответе.

1. При сложении и вычитании

приближенных чисел в полученном результате нужно отбрасывать по правилам округления цифры тех разрядов справа, в которых нет значащих цифр хотя бы в одном из данных приближенных чисел.

Примеры:  $3520+6439+673=10632$ ;  
 $12.57+1.176+4.5=18.246=18.3$ ;  
 $129-87.4=41.6=42$ .

2. При умножении и делении

приближенных чисел в полученном результате нужно сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет приближенное данное с наименьшим количеством значащих цифр.

Примеры:  $386*540=208440=208000=2.08*10^5$   
 $5.73*0.2=1.146=1.2$

$$8753:92=95.141304=95$$

$$0.876:0.4=2.19=2.2.$$

3. При возведении приближенного числа в квадрат и куб в результате нужно сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет возводимое в степень число.

Примеры:  $562^2 = 315844 = 316000 = 3.16 \cdot 10^5$

$$2.48^3 = 15.252992 = 15.3.$$

4. При извлечении квадратного и кубического корня из приближенного числа в полученном результате нужно сохранять столько значащих цифр, сколько их имеет подкоренное число.

Примеры:  $\sqrt{94} = 9.6953597 = 9.7$

$$\sqrt{7.4} = 2.7202941 = 2.7$$

$$\sqrt[3]{86} = 4.4.$$

5. Правило запасной цифры при решении задач и вычислениях в несколько действий. При решении задач с приближенными данными нужно в результатах промежуточных действий сохранять на одну цифру больше, чем требуют правила округления, причем при подсчете значащих цифр в промежуточных результатах запасные цифры не принимаются во внимание; в окончательном результате запасная цифра отбрасывается по правилам округления. Для учета запасные цифры следует подчеркивать.

Примеры: вычислить значение  $x$  из формулы

$$x = \sqrt{l^2 - h^2}, \text{ где } l=20.2, h=18.62.$$

Решение.

$$x = \sqrt{20.2^2 - 18.62^2} = \sqrt{408.0 - 346.7} = \sqrt{61.3} = 7.83 = 7.8.$$

6. Правила пользования табличными данными.

При пользовании тригонометрическими таблицами в значении тригонометрической функции острого угла, заданного с точностью до градусов, сохраняют в большинстве случаев две значащие цифры.

Примеры:  $\sin 56^\circ = 0.83$ ;  $\cos 82^\circ = 0.14$ ;  $\operatorname{tg} 60^\circ = 1.7$ .

$$\sin x = 0.48, x = 29^\circ; \operatorname{tg} x = 2.40, x = 67^\circ.$$

7. Правило предварительного округления данных.

Если некоторые данные имеют более низкие последние разряды (при действиях сложения и вычитания) или больше значащих цифр (при остальных действиях), чем другие, то их предварительно следует округлить, сохраняя лишь одну лишнюю цифру.

8. В приближенных целых числах незначащие нули справа могут быть записаны с помощью множителя  $10^n$ , если это не сделано (например, 1000), то нули справа считаются значащими.

## Приложение 2

### **ПРАВИЛА ВЫЧИСЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ.**

В практической деятельности человеку приходится измерять различные величины, учитывать материалы и продукты труда, производить различные вычисления. Результатами различных измерений, подсчетов и вычислений являются числа. Однако точные измерения невозможны ввиду несовершенства наших органов зрения, неточности измерительных приборов и некоторых свойств самих измеряемых объектов.

При различных измерениях одной и той же величины получают различные приближенные значения. Каждое из этих приближений отличается от истинного значения на некоторую величину, называемую погрешностью.

Абсолютной погрешностью называется модуль разности истинного и приближенного значения некоторой величины, обозначается буквой  $\Delta$  и измеряется в тех же единицах, что и вычисляемая величина.

Из этого определения следует, что истинное значение величины равно приближенному значению  $\pm$  абсолютная погрешность  $\Delta$ .

Абсолютная погрешность приближения не характеризует качества измерений, т.к., например, точность 1 см для определения ширины футбольного поля является высокой, а для определения длины карандаша - низкой. Поэтому для характеристики точности измерения вводится понятие относительной погрешности.

Относительной погрешностью приближения называется отношение абсолютной погрешности приближения к модулю числа приближенного значения и обозначается буквой  $\varepsilon$

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{|x|} \cdot 100\%$$

где  $x$  – приближенное значение некоторой величины.

Погрешность приближенного равенства  $\Delta x \approx dx$  очень мала по сравнению с погрешностью  $\Delta x$ . Поэтому при оценке абсолютной погрешности  $\Delta x$  можно считать, что  $\Delta x = dx$ , где  $dx$ -дифференциал величины  $x$ .

1) Относительная погрешность произведения не превышает суммы относительных погрешностей ее сомножителей.

$$X=U \cdot V; \quad \frac{dx}{x} = \frac{du}{u} + \frac{dv}{v}, \text{ т. е. } \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta u}{u} + \frac{\Delta v}{v}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \varepsilon; \text{ абсолютная погрешность } \Delta x = x \cdot \varepsilon$$

Во всех остальных случаях абсолютная погрешность вычисляется по этой же формуле.

2) Относительная погрешность степени равна относительной погрешности основания, умноженной на показатель степени.

$$x = y^n; \quad \frac{\Delta x}{x} = n \frac{\Delta y}{y}$$

3) Относительная погрешность корня равна относительной погрешности подкоренного числа, деленной на показатель степени корня.

$$x = \sqrt[n]{y}; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\Delta y}{y}$$

4) Относительная погрешность частного не превышает суммы относительных погрешностей делимого и делителя.

$$X=U/V; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta u}{u} + \frac{\Delta v}{v}$$

5) Относительная погрешность суммы равна сумме относительных погрешностей слагаемых.

$$X=U+V; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta u}{u} + \frac{\Delta v}{v}$$

6) Относительная погрешность разности не превышает суммы погрешностей уменьшаемого и вычитаемого.

$$X=U - V; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta u}{u} + \frac{\Delta v}{v}$$



Исключение составляет случай, когда разность находится в знаменателе дробного выражения.

Пример 1:

$$X = \frac{y}{u - v} ; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta u + \Delta v}{u - v}$$

Пример 2:

$$X = \frac{y + z}{(u - v)^2} ; \quad \frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta z}{z} + \frac{2\Delta u + 2\Delta v}{(u - v)^2}$$

Окончательный результат вычислений записывается системой

$$\begin{cases} x \pm \Delta x \\ x \pm \varepsilon(\%) \end{cases}$$

$x$  и  $\Delta x$  измеряются в одних и тех же единицах, а  $\varepsilon$  - в процентах.

Абсолютная погрешность непосредственно измеренных величин равна половине цены деления шкалы прибора.

Так как истинное значение искомой величины чаще всего бывает неизвестно, то нельзя найти и абсолютную погрешность приближения этой величины. Можно лишь указать в каждом конкретном случае положительное число больше которого не может быть эта абсолютная погрешность. Это число называется границей абсолютной погрешности приближения величины  $a$ . Любое число  $h$ , удовлетворяющее условию  $|a - x| \leq h$  при любом  $x$  из множества всевозможных приближений величины  $a$ , называется границей абсолютной погрешности приближений. Любое число  $E$ , удовлетворяющее условию

$\frac{\Delta x}{|x|} \leq E$  при любом  $x$  называется границей относительной погрешности приближений.

При вычислениях часто бывает трудно указывать наряду с приближениями их погрешности. Запись приближения без указания погрешности требует, чтобы по этой записи можно было судить о границе его погрешности. Для этого вводится понятие верной цифры. Цифра  $\alpha$  в записи приближения называется верной, если граница абсолютной погрешности не превосходит единицы того разряда, в котором записана эта цифра. Ясно, что если  $\alpha$  является верной цифрой, то и все предыдущие цифры тоже верные. Например, если записано число 127,53, являющееся приближением некоторой величины, то это означает, что все цифры этого числа верные, а граница абсолютной погрешности не превосходит 0,01. Все верные цифры числа  $x$ , кроме нулей, расположенных левее первой отличной от нуля цифры, называются значащими цифрами. Например в числе 3,14 – три значащие цифры, в числе 0,0012 – две, в числе 0,3000 – четыре, в числе  $1 \cdot 10^3$  - одна значащая цифра. При выполнении вычислений часто возникает необходимость в округлении чисел, то есть в замене их числами с меньшим количеством значащих цифр. Существуют три способа округления чисел:

1) округление с недостатком

2) округление с избытком

3) округление с наименьшей погрешностью – это обычное округление, когда последняя сохраняемая цифра увеличивается на единицу только в том случае, когда первая из отбрасываемых цифр больше 4. Исключение: если округление с наименьшей погрешностью сводится к отбрасыванию только одной цифры 5, то последняя сохраняемая цифра не изменяется, если она четная, и увеличивается на 1, если она нечетная.

Таким образом, если в расчетной формуле используется табличное значение, то его абсолютная погрешность определяется следующим образом: берется последняя цифра числа и приравнивается единице.

Пример: плотность воды

$$\rho_{\text{в}} = 1000 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3} \quad \Delta\rho_{\text{в}} = 1 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

Поверхностное натяжение воды

$$\sigma = 0,072 \frac{\text{Н}}{\text{М}} \quad \Delta\sigma = 0,001 \frac{\text{Н}}{\text{М}}$$

Относительная погрешность высчитывается для всех физических величин, стоящих в формуле.